

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Návrh a renovace výukových zařízení
Design and Reconstruction of Education Equipment

Student:

Bc. Rostislav Martiník

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Rostislav Martiník**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T043 Hydraulika a pneumatika
Téma: **Návrh a renovace výukových zařízení**
Design and Reconstruction of Educational Equipment
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte pneumatické zařízení pro vysunutí manipulovaného předmětu ze zásobníku a jeho přemístění do místa odběru. V rámci návrhu vypracujte výkresovou dokumentaci k jednotlivým dílům manipulátoru, navrhněte pneumatický obvod a specifikujte pneumatické prvky.
2. Zařízení sestavte a pro řízení sledu pohybů použijte programovatelný automat LOGO!. Sestavte řídicí program a uveďte zařízení do provozu.
3. Vypracujte návod pro programování automatů LOGO! s využitím popisu sestavené úlohy.
4. Navrhněte renovaci stávajících zařízení pro manipulaci s kostkou a plochou součástí, sestavte řídicí programy pro automat LOGO!.

Seznam doporučené odborné literatury:

KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, 2007. 323 pp. ISBN 978-3-540-69470-0.
KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1996. 267 s. ISBN 80-7078-306-0.
Návody k programovatelnému automatu LOGO!.
Katalogy a firemní podklady Siemens, SMC, Festo a dalších.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Dr. Ing. Lumír Hružík
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:

14.5.2016



podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

14.5.2016



podpis studenta

Rostislav Martiník

Skotnice 1067/6, Polanka nad Odrou, 725 25

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Lukášovi Dvořákovi, Ph.D. za odborné vedené a cenné rady, které mi pomohly při psaní této práce.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

MARTINÍK, R. *Návrh a renovace výukových zařízení: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2016, 70 s. Vedoucí práce: Dvořák, L.

Cílem předložené diplomové práce je návrh a renovace výukových zařízení. První část diplomové práce se zabývá konstrukčním návrhem vzorového manipulačního zařízení, řízeného programovatelným automatem, včetně zvolení jednotlivých prvků a konečné realizace. Druhá část této práce je věnována popisu a tvorbě řídicích programů pro úlohy řízené programovatelným automatem LOGO! Siemens. Poslední část této práce se zabývá návrhem možných úprav, vylepšení a modernizací stávajících výukových zařízení.

Klíčová slova: návrh, renovace, výukové zařízení, programovatelný automat, PLC, LOGO!, pneumatika, řízení

ANNOTATION OF MASTER THESIS

MARTINÍK, R. *Design and Renovation of Educational Equipment: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2016, 70p. Thesis head: Dvořák, L.

The aim of presented master thesis is to design and renovate educational equipment. In the first part, the thesis is focused on engineering design of a sample of manipulating device, which is controlled by a programmable logic controller. Choice of individual parts and final realization of the project is included. Description and creation of controlling programs for tasks controlled by programmable logic controller LOGO!Siemens is in the second part of this thesis. The last part of this thesis is devoted to suggestions of possible adjustments, enhancement and modernization of existing educational devices.

Keywords: design; renovation; educational equipment; programmable logic controller; PLC; LOGO!; pneumatic; control

Obsah

1	Úvod.....	6
2	Návrh pneumatického zařízení.....	7
2.1	Schéma pneumatického obvodu a specifikace prvků	8
2.2	Uspořádání zařízení	10
3	Volba a specifikace jednotlivých prvků	11
3.1.1	Pneumomotor SMC CD85E8-80-B.....	12
3.1.2	Otočný stůl SMC MSQB30A.....	13
3.1.3	Motor s dutou pístnicí pro vakuum SMC ZCDUKC20-50D	17
3.1.4	Bezpístnicový pneumomotor SMC MY1B16G-100	20
3.1.5	Pneumomotor s přesným vedením pístnice SMC MTS20-50.....	21
3.1.6	Škrticí ventil se zpětným ventilem AS1201FS-M5-04	22
3.1.7	Filtr s regulátorem tlaku SMC AW20-F01H-A.....	23
3.1.8	Elektronický vakuový snímač ZSE30AF-C4L-E-L	24
3.1.9	Ventilový terminál.....	25
3.1.10	PLC Siemens LOGO! 12/24 RCE.....	26
4	Popis funkce zařízení	28
4.1	Vstupy.....	31
4.2	Výstupy.....	32
4.3	Pneumatické zapojení	33
4.4	Elektrické zapojení	34
5	Programování programovatelného automatu LOGO!.....	36
5.1	Konektory	36
5.2	Bloky.....	37
5.3	LOGO!Soft Comfort.....	38

5.4	Základní popis programu LOGO!Soft Comfort V8	39
5.4.1	Hlavní nabídka.....	40
5.4.2	Standardní panel nástrojů	40
5.4.3	Panel nástrojů programování	40
5.4.4	Programovací rozhraní	41
5.4.5	Strom diagramu	41
5.4.6	Strom prvků	41
5.5	Konstanty a konektory – Co	42
5.5.1	Vstupy.....	42
5.5.2	Výstupy.....	42
5.5.3	Příznakové bloky	42
5.6	Základní funkce - GF	43
5.6.1	And	43
5.6.2	AND s vyhodnocením hrany	43
5.6.3	NAND (negace konjunkce)	44
5.6.4	NAND s vyhodnocením hrany	44
5.6.5	OR.....	45
5.6.6	NOR (negace, disjunkce).....	45
5.6.7	XOR.....	46
5.6.8	NOT (negace, invertor)	46
5.7	Speciální funkce – SF	47
5.7.1	On-delay - Zpoždění od náběžné hrany signálu	47
5.7.2	Off-delay - Zpoždění od sestupné hrany signálu.....	48
5.7.3	On-/off-delay - Zpoždění od náběžné i sestupné hrany signálu	48
5.7.4	Wiping relay (pulse output) - Impulsní časovač (pulsní výstup)	49

5.7.5	Up/down counter – Inkrementální/Dekrementální čítač	49
5.7.6	Latching relay - Samodržné relé.....	50
5.8	Program pro řízení razítkování	51
5.8.1	Řídící program pro razítkování v LOGO!Soft Comfort.....	57
6	Návrh renovací stávajících zařízení	59
6.1	Zařízení pro manipulaci s kostkou.....	59
6.1.1	Návrh renovace manipulátoru s kostkou	60
6.2	Zařízení pro manipulaci s plochou součástí.....	63
6.2.1	Návrh renovace manipulátoru s plochou součástí	64
7	Závěr	65
8	Použitá literatura	66
9	Seznam příloh.....	70

Seznam použitých označení veličin

Označení veličiny	Název veličiny	Jednotka
E_k	kinetická energie	[J]
E_{kDOV}	dovolená kinetická energie	[J]
F	síla	[N]
F_s	skutečná nosná síla	[N]
F_u	potřebná nosná síla	[N]
I	moment setrvačnosti	[kg·m ²]
p	tlak	[Pa]
S	plocha	[m ²]
T_a	kroucí moment	[N·m]
a	zrychlení	[m·s ⁻²]
a_{max}	maximální zrychlení	[m·s ⁻²]
d	průměr	[m]
g	tíhové zrychlení	[m·s ⁻²]
m	hmotnost	[kg]
n	počet přísavek	[1]
r	poloměr	[m]
t	čas	[s]
ε	úhlové zrychlení	[rad ·s ⁻²]
φ	úhel	[rad]
μ	součinitel tření	[1]
ρ	hustota	[kg·m ⁻³]
ω	úhlová rychlost	[rad ·s ⁻¹]

Seznam použitých zkratek a označení

AC	střídavý elektrický proud
AND	logický součin
DC	stejnosměrný elektrický proud
FBD	funkční blokové schéma
LAD	kontaktní schéma
NAND	negace logického součinu
NOR	negace logického součtu
NOT	negace logického signálu
NPN	typ snímače
OR	logický součet
OS	operační systém
PLC	programovatelný automat
PMMA	plexisklo
PNP	typ snímače
XOR	nonekvivalence
Co	konstanty a konektory
Gf	základní funkce
Sf	speciální funkce

1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a renovací výukových zařízení sloužících jak k výuce řízení pneumatických, hydraulických a elektrických mechanismů pomocí programovatelných automatů LOGO! Siemens, jenž byly financovány z projektu „**Inovace předmětu Řízení pneumatických mechanismů**“, tak k prezentaci praktické výuky katedry hydromechaniky a hydraulických zařízení.

Úvodní kapitola je věnována návrhu vzorového manipulačního zařízení. První část této kapitoly je zaměřená na návrh pneumatických schémat a popis jednotlivých prvků. Druhá část kapitoly je věnována návrhu uspořádání jednotlivých prvků použitých podle pneumatických schémat.

Třetí kapitola obsahuje volbu a popis jednotlivých prvků dle požadavků na jejich funkčnost a umístění. Dále je tato kapitola věnována kontrole zvolených prvků.

Ve čtvrté kapitole je popsána funkce již sestaveného vzorového manipulačního zařízení. Jsou zde popsány jednotlivé řídicí a řízené členy, zapojení pneumatických a elektrických prvků.

Pátá kapitola je věnována popisu programovatelného automatu LOGO! Siemens a softwaru LOGO!Soft Comfort sloužícího k tvorbě jednotlivých řídicích programů. Nachází se zde jednotlivé funkce programovatelného automatu, způsoby programování, popis funkce softwaru LOGO!Soft Comfort, příklady řešení zkrácení signálů pomocí tohoto softwaru s podrobným popisem. Dále je zde popsána část řídicího programu pro řízení vzorového manipulačního zařízení.

Šestá kapitola obsahuje návrh renovace stávajících výukových zařízení. Je zde popsána funkce původního manipulátoru s kostkou a manipulátoru s plochou součástí. Jsou zde navrženy možné úpravy, vylepšení a modernizaci těchto stávajících manipulátorů.

Celkové zhodnocení této diplomové práce je popsáno v závěru.

2 Návrh pneumatického zařízení

Tato kapitola diplomové práce je věnována konstrukčnímu návrhu a sestavení vzorového elektropneumatického manipulačního zařízení, jehož řízení je realizováno pomocí programovatelného automatu (dále jen PLC) typu LOGO! od firmy Siemens. Jednotlivé pneumatické prvky a programovatelné automaty LOGO! byly zakoupeny z prostředků projektu „**Inovace předmětu Řízení pneumatických mechanismů**“ a budou dále sloužit k výuce řízení pneumatických, hydraulických a elektrických mechanismů pomocí PLC. Studenti se seznámí s problematikou programovatelných automatů a budou schopni řešit jednotlivé úlohy, včetně sestavení řídicího programu.

Vzorové manipulační zařízení, které slouží jak k prezentaci praktické výuky katedry hydromechaniky a hydraulických zařízení, tak k výuce předmětu Řízení pneumatických mechanismů, se skládá ze dvou úloh.

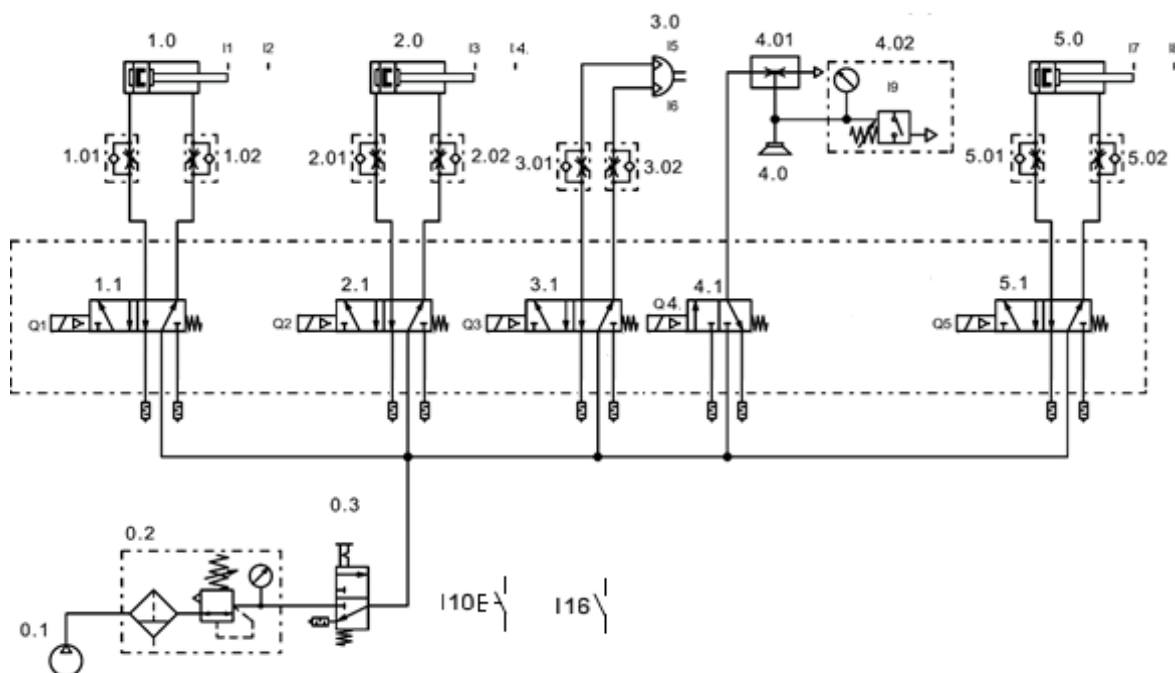
První úloha představuje vysunutí manipulovaného předmětu ze zásobníku a jeho přemístění do místa odběru. Zde bylo nutné rozhodnout, jakým způsobem bude manipulovaný předmět dopraven ze zásobníku do místa odběru. Pro samotné vysunutí předmětu ze zásobníku bylo uvažováno použití přímočarého dvojčinného pneumomotoru s jednostrannou pístnicí. Dále bylo nutné přemístit vysunutý předmět ze zásobníku do místa určení, kde pro toto přemístění bylo navrženo použití otočného ramene. Pro uchopení vysunutého předmětu ze zásobníku se nabízely dvě možné varianty, a to uchopení za pomoci úchopné hlavice nebo přemístění s využitím vakua. Po konzultaci s vedoucím diplomové práce bylo rozhodnuto, že pro tuto aplikaci bude využito přemístění s využitím vakua. V posledním kroku této úlohy bylo potřeba zajistit vysunutí předmětu do místa odběru. Pro toto vysunutí bylo navrhováno použití přímočarého dvojčinného pneumomotoru s jednostrannou pístnicí.

Druhá úloha spočívá v ořazení informačního letáku razítkem katedry. Bylo nutné zvolit jednotlivé prvky a navrhnout jejich uspořádání v závislosti na požadovaných pohybech, kdy pro horizontální pohyb byl uvažován bezpístnicový pneumomotor a pro vertikální pohyb pneumomotor s přesným vedením pístnice.

Tyto úlohy mohou být dále modifikovány pro jiné účely a slouží pro názornou ukázkou funkce jednotlivých pneumatických prvků řízených programem prostřednictvím PLC.

2.1 Schéma pneumatického obvodu a specifikace prvků

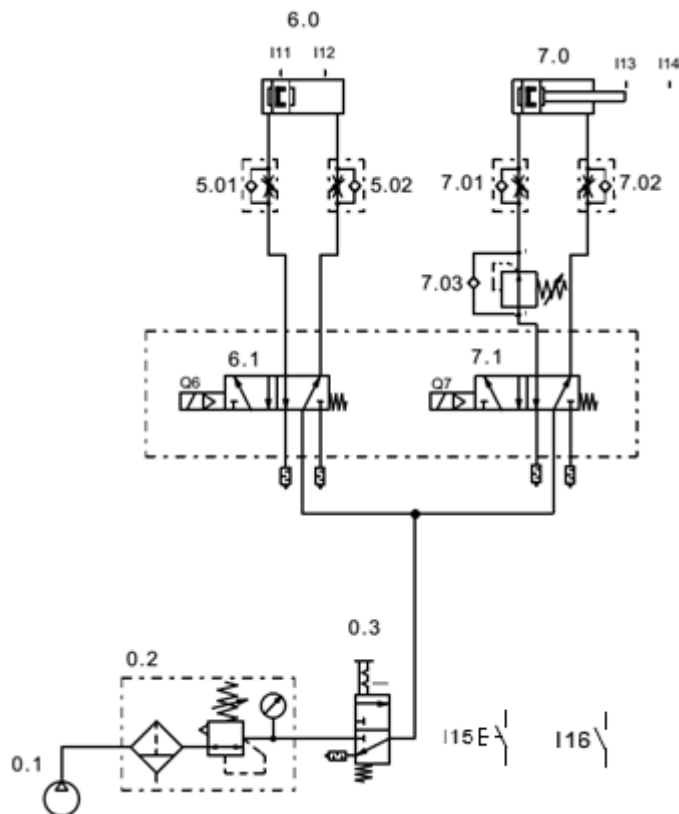
V této části diplomové práce bylo nutné navrhnout schémata pneumatických obvodů pro jednotlivé úlohy s ohledem na požadované funkce. V prvním kroku bylo navrženo schéma pneumatického obvodu pro manipulaci s předmětem (Obr. 2.1.1). Kompletní pneumatické schéma vzorového manipulačního zařízení je umístěno v příloze C.



Obr. 2.1.1: Schéma pneumatického obvodu pro manipulaci s předmětem

- 1.0, 5.0 – Přímočarý dvojčinný pneumomotor s jednostrannou pístnicí.
- 2.0 – Pneumomotor s dutou pístnicí pro vakuum.
- 4.0 – Přísavka.
- 3.0 – Kyvný motor.
- 1.01, 1.02, 2.01, 2.02, 3.01, 3.02, 5.01, 5.02 – Škrticí ventil v kombinaci s jednosměrným ventilem.
- 1.1, 2.1, 3.1, 5.1 – Monostabilní 5/2 rozváděč elektromagneticky ovládaný.
- 4.1 – Monostabilní 3/2 rozváděč elektromagneticky ovládaný.
- 4.01 – Ejektor.
- 4.02 – Snímač vakua.
- 0.1 – Kompresor.
- 0.2 – Filtr s regulátorem tlaku.
- 0.3 – Rozváděč 3/2 ručně ovládaný.

Další schéma pneumatického obvodu představuje obvod pro razítkování (Obr. 2.1.2).



Obr. 2.1.2: Schéma pneumatického obvodu pro razítkování

- 6.0 – Bezpečnostní pneumatický motor.
- 7.0 – Přímý dvojitý pneumatický motor s jednostrannou pístnicí.
- 5.01, 5.02, 7.01, 7.02 – Škrtkový ventil v kombinaci s jednosměrným ventilem.
- 7.03 – Redukční ventil s obtokem.
- 6.1, 7.1 – Monostabilní 5/2 rozváděč ovládaný elektromagnetem.
- 0.1 – Kompresor.
- 0.2 – Filtr s regulátorem tlaku.
- 0.3 – Rozváděč 3/2 ručně ovládaný.

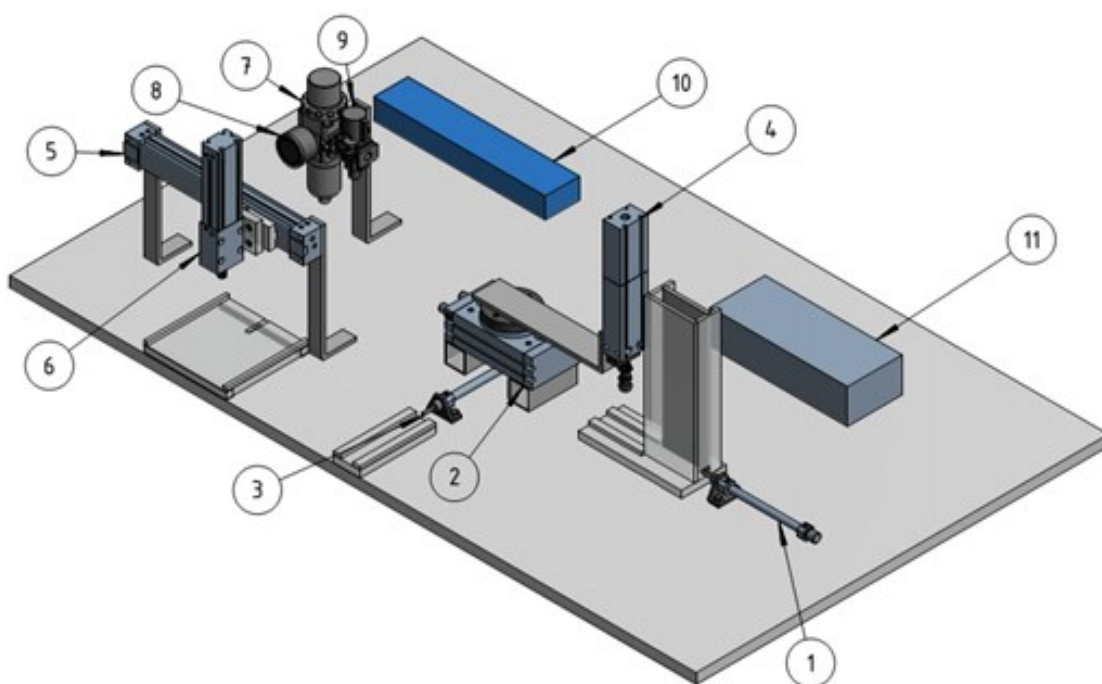
Označení snímačů koncových poloh jednotlivých pneumomotorů, spínače vloženého papíru, spouštěcích tlačítek a snímače podtlaku I1-I16 představují vstupy a označení cívek elektromagnetů Q1-Q7 výstupy pro PLC.

2.2 Uspořádání zařízení

Dalším krokem této diplomové práce bylo navrhnout uspořádání jednotlivých pneumatických prvků s ohledem na požadované funkce (Obr. 2.2.1). Vzorové manipulační zařízení je rozděleno na dvě dílčí úlohy.

První úlohou je vysunutí manipulovaného předmětu ze zásobníku a jeho přemístění do místa odběru, kdy manipulovaným předmětem jsou bonbony Lipo.

V druhé úloze dochází k razítkování. Celé vzorové manipulační zařízení bylo z bezpečnostních důvodů opatřeno čelním štítem s otvory vyrobeným z plexiskla (PMMA).



Obr. 2.2.1: Návrh uspořádání

3 Volba a specifikace jednotlivých prvků

V této kapitole bude provedena volba jednotlivých prvků s ohledem na požadavky a funkčnost vzorového manipulačního zařízení. Dále bude proveden kontrolní výpočet některých prvků pro ověření vhodné volby. V tabulce (Tab. 3.1) je uveden výčet základních částí mimo spojovací materiál. Číslované položky odpovídají označení jednotlivých částí na Obr. 2.2.1 na předchozí straně.

Tab. 3.1: Legenda

Pozice	Položka
1.	Pneumomotor SMC CD85E8-80-B
2.	Otočný stůl SMC MSQB30A
3.	Pneumomotor SMC CD85E8-80-B
4.	Válec s dutou pístnicí pro vakuum SMC ZCDUKC20-50D
5.	Bezpístnicový pneumomotor SMC MY1B16G-100
6.	Pneumomotor s přesným vedením pístnice SMC MTS20-50
7.	Filtr s regulátorem tlaku SMC AW20-F01H-A
8.	Manometr SMC AW20-F01H-A
9.	Ručně ovládaný ventil SMC VHS20-F01A
10.	Ventilový terminál
11.	PLC Siemens LOGO!
-	Další neočíslované položky
-	Přísavka se zajišťovacím kroužkem SMC ZP10BN
-	Adaptér přísavky SMC ZPT2-B6
-	Ejektor vakua SMC ZU07L
-	Elektronický vakuový snímač SMC ZSE30AF-C4L-E-L
-	Elektronické snímače polohy PNP SMC D-M9PL
-	Škrťací ventily se zpětným ventilem SMC AS1201FS-M5-04
-	Drobné pneumatické díly – redukce, šroubení, hadice
-	Rameno
-	Nohy a podstavce
-	Spojovací a montážní materiál, deska, tlačítka, koncový spínač
-	Ostatní díly z PMMA

3.1.1 Pneumomotor SMC CD85E8-80-B



Obr. 3.1.1.1: Pneumomotor CD85 [1]

Pneumomotor CD85 (Obr. 3.1.1.1) je dvojčinný motor s jednostrannou pístnicí o průměru 4 mm s elastomerovým tlumením v krajních polohách. Průměr pístnice a velikost zdvihu byla volena s ohledem na rozměry manipulovaného předmětu a stěny zásobníku tak, aby došlo k úplnému vysunutí předmětu ze zásobníku. V manipulačním zařízení byly použity dva pneumomotory. Jeden pneumomotor zabezpečuje vysunutí manipulovaného předmětu ze zásobníku a druhý pneumomotor vysouvá předmět do místa odběru v posledním kroku. Tyto pneumomotory jsou k základní desce uchyceny pomocí patek C85L10A.

Tlačná síla pneumomotoru:

$$F = p \cdot S = \frac{p \cdot \pi \cdot d^2}{4} [N] \quad (3.1.1.1)$$

p – uvažovaný pracovní tlak 0,2 [MPa]

S – plocha pístu [m^2]

d – průměr pístu 0,008 m

$$F = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,008^2}{4} = 10,05 \text{ N}$$

Při pracovním tlaku $p = 0,2$ MPa vyvine pneumomotor tlačnou sílu $F=10,05$ N. Tato síla je pro vysunutí manipulovaného předmětu dostatečná, jelikož je jeho hmotnost maximálně 10 gramů a předpokládá se, že smykové tření mezi papírovým obalem a zásobníkem vyrobeným z PMMA je minimální. Není potřeba provádět další kontrolu zvoleného prvku.

Tab. 3.1.1.1: Parametry pneumomotoru CD85E8-80-B [1]

CD85E8-80-B		
Parametr (v označení)	Hodnoty/typ	Jednotky
magnet (D)	vestavěný	-
montáž (E)	závit oboustranně	-
průměr pístu (8)	8	mm
zdvih (80)	80	mm
způsob montáže snímače polohy (B)	montáž páskem	-

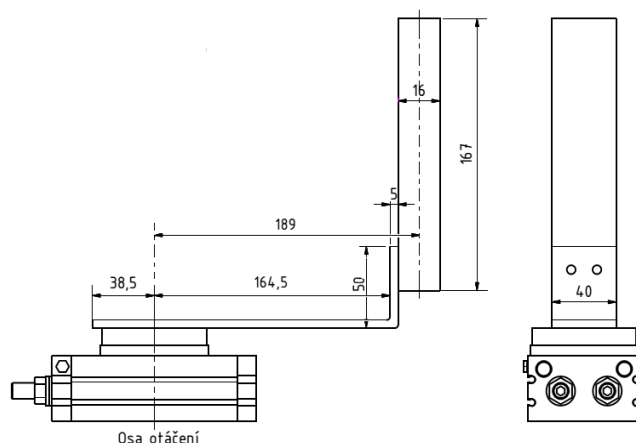
3.1.2 Otočný stůl SMC MSQB30A



Obr. 3.1.2.1: Otočný stůl MSQ [2]

Otočný stůl MSQ (Obr. 3.1.2.1) zajišťuje otáčení pneumomotoru ZCDUK do poloh pro uchopení nebo upuštění manipulovaného předmětu a je připevněn k základní desce pomocí dvou podstavců. Tento otočný stůl byl k dispozici v laboratoři pneumatiky v místnosti NM 325 a bylo potřeba provést kontrolu zvoleného prvku.

Výpočet momentu setrvačnosti [3]:



Obr. 3.1.2.2: Rozměry ramene a pneumomotoru

$$I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_1^2 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2\text{]} \quad (3.1.2.1)$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (3.1.2.2)$$

I_1 – moment setrvačnosti ramene

I_2 – moment setrvačnosti zahnuté části ramene

I_3 – moment setrvačnosti pneumomotoru

$$I_1 = m_1 \cdot \frac{4 \cdot a_1^2 + b_1^2}{12} + m_2 \cdot \frac{4 \cdot a_2^2 + b_2^2}{12} \quad (3.1.2.3)$$

$$m_i = \rho \cdot a_i \cdot b_i \cdot c \quad (3.1.2.4)$$

$$m_1 = \rho \cdot a_1 \cdot b_1 \cdot c = 7850 \cdot 0,0385 \cdot 0,04 \cdot 0,005 = 0,0604 \text{ kg}$$

$$m_2 = \rho \cdot a_2 \cdot b_2 \cdot c = 7850 \cdot 0,1465 \cdot 0,04 \cdot 0,005 = 0,23 \text{ kg}$$

ρ – uvažovaná hustota oceli 7850 [kg·m⁻³]

a_i, b_i, c – rozměry jednotlivých těles [m]

$$I_1 = 0,0604 \cdot \frac{4 \cdot 0,0385^2 + 0,04^2}{12} + 0,23 \cdot \frac{4 \cdot 0,1465^2 + 0,04^2}{12} = 1,714 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_2 = m_3 \cdot \frac{a_3^2 + b_3^2}{12} + m_3 \cdot r_1^2 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2\text{]}$$

$$m_3 = \rho \cdot a_3 \cdot b_3 \cdot c = 7850 \cdot 0,05 \cdot 0,04 \cdot 0,005 = 0,0785 \text{ kg}$$

$$I_2 = 0,0785 \cdot \frac{0,005^2 + 0,04^2}{12} + 0,0785 \cdot 0,16475^2 = 2,14 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_3 = m_4 \cdot \frac{a_4^2 + b_4^2}{12} + m_4 \cdot r_2^2 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2\text{]} \quad (3.1.2.5)$$

r_1, r_2 – kolmá vzdálenost těžiště tělesa od osy otáčení

$$I_3 = 0,46 \cdot \frac{0,026^2 + 0,04^2}{12} + 0,46 \cdot 0,189^2 = 0,0165 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Z důvodů tvarové složitosti je pneumomotor uvažován jako homogenní kvádr o hmotnosti $m_4 = 0,46 \text{ kg}$.

Diplomová práce

Výsledný moment setrvačnosti:

$$I = 1,714 \cdot 10^{-3} + 2,14 \cdot 10^{-3} + 0,0165 = 0,0203 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Kinetická energie:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 \text{ [J]} \quad (3.1.2.6)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \varphi}{t} \text{ [rad} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3.1.2.7)$$

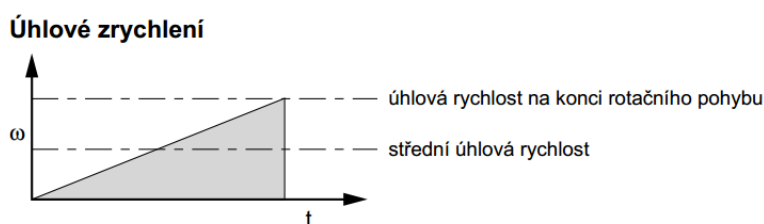
$$\omega = \frac{2 \cdot \varphi}{t} = \frac{2 \cdot 90 \cdot \pi}{1,5 \cdot 180} = 2,094 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

ω – úhlová rychlost [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$]

φ – úhel kyvu [rad]

t – doba kyvu [s]

Pneumatické kyvné motory mají v celém rozsahu kyvu přibližně konstantní úhlové zrychlení. Na konci kyvu dosáhne výstupní člen dvojnásobek průměrné úhlové rychlosti [3].



Obr. 3.1.2.3: Úhlové zrychlení kyvných pohonů [4]

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 0,0203 \cdot 2,094^2 = 0,0445 \text{ J}$$

$$E_k \leq E_{kDOV}$$

$$E_{kDOV} = 0,048 \text{ J}$$

$$0,0445 \leq 0,048 \text{ Vyhovuje}$$

E_{kDOV} – maximální dovolená hodnota kinetické energie z katalogu

Výpočet krouticího momentu pro překonání momentu setrvačnosti:

Zátěž, kterou musí být pohonem otáčeno.

$$T_a = I \cdot \varepsilon \text{ [N} \cdot \text{m]} \quad (3.1.2.8)$$

T_a – krouticí moment pro překonání momentu setrvačnosti [$\text{N} \cdot \text{m}$]

Diplomová práce

ε - úhlové zrychlení [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$]

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot \omega}{t^2} [\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (3.1.2.9)$$

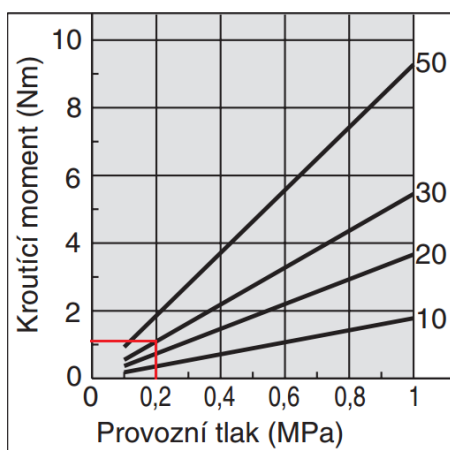
$$\varepsilon = \frac{2 \cdot \omega}{t^2} = \frac{2 \cdot 2,094}{1,5^2} = 1,861 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$T_a = 0,0203 \cdot 1,861 = 0,0378 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Z důvodu bezpečnosti je dle katalogu nutné zvolit 10krát větší krouticí moment.

$$\text{Skutečný krouticí moment} \geq S \cdot T_a$$

$$S = 10 \text{ a více}$$



Obr. 3.1.2.4: Závislost krouticího momentu na provozním tlaku otočného stolu MSQB30A [3].

Při uvažování pracovního tlaku $p = 0,2 \text{ MPa}$ je skutečný krouticí moment $1,09 \text{ N} \cdot \text{m}$.

$$1,09 \geq 10 \cdot 0,0378$$

$$1,09 \geq 0,378 \text{ Vyhovuje}$$

Zvolený otočný stůl vyhovuje, může být použit v této aplikaci.

Tab. 3.1.2.1: Parametry otočného stolu MSQB30A [2]

MSQB30A		
Parametr (v označení)	Hodnoty/typ	Jednotky
velmi přesný (B)	Základní provedení	-
velikost (30)	30	-
provedení (A)	stavěcí šroub	-

3.1.3 Motor s dutou pístnicí pro vakuum SMC ZCDUKC20-50D



Obr. 3.1.3.1: Motor ZC(D)UK [5]

Motor ZCDUK (Obr. 3.1.3.1) je připevněn k ramenu vyrobeného z ploché oceli (pásoviny) tloušťky 5 mm, které je umístěno na otočném stole MSQ tak, aby byl zabezpečen pohyb tohoto motoru do poloh potřebných pro uchopení a upuštění manipulovaného předmětu. Průchozí dutá pístnice slouží k přivedení vakua na přísavku ZP10BN (Obr. 3.1.3.2), která je na konci pístnice připevněna pomocí adaptéru ZPT2-B6 (Obr. 3.1.3.3).



Obr. 3.1.3.2: Přísavka ZP [6]



Obr. 3.1.3.3: Adaptér přísavky ZPT [7]

Pro výrobu vakua byl v tomto případě využit in-line ejektor ZU07L (Obr. 3.1.3.4) umožňující přívod stlačeného vzduchu a vakua v jedné ose. Vakuum bylo snímáno elektronickým vakuovým snímačem od firmy SMC typu ZSE30AF-C4L-E-L.



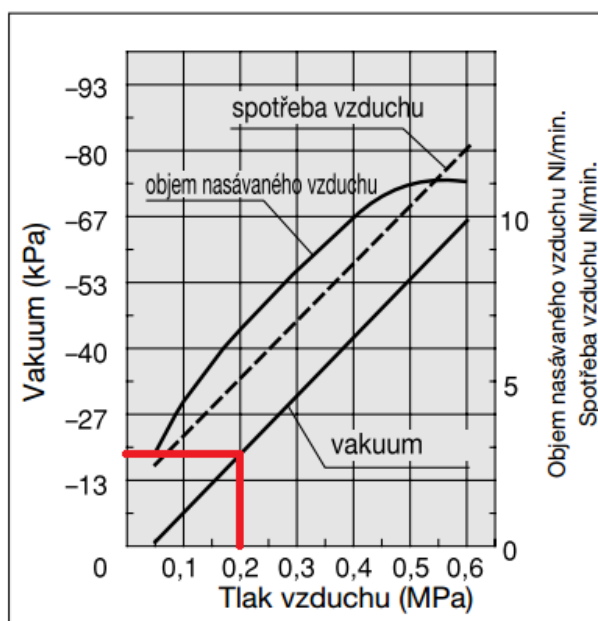
Obr. 3.1.3.4: Ejektor vakua ZU [8]

Diplomová práce

Tab. 3.1.3.1: Parametry motoru ZCDUKC20-50D [5]

ZCDUKC20-50D		
Parametr (v označení)	Hodnoty/typ	Jednotky
magnet (D)	vestavěný magnet	-
Tvarovaný konec pístnice (C)	vnější závit	-
průměr pístu (20)	20	mm
zdvih (50)	50	mm

Kontrola zvolené přísavky:



Obr. 3.1.3.5: Charakteristika ejektoru ZU07L [9]

Z charakteristiky ejektoru (Obr. 3.1.3.5) je zřejmé, že při pracovním tlaku $p = 0,2$ MPa vyvine ejektor vakuum o hodnotě $p_v = -19$ kPa.

Minimální průměr přísavky [10]:

$$d = 112 \cdot \sqrt{\frac{m \cdot s}{p_v \cdot n}} \text{ [mm]} \quad (3.1.3.1)$$

m – hmotnost manipulovaného předmětu [kg]

s – koeficient bezpečnosti (pro horizontální styk při přidavném vodorovném pohybu $s \geq 4$)

p_v – tlak vakua [kPa]

n – počet přísavek [1]

$$d = 112 \cdot \sqrt{\frac{0,01 \cdot 4}{19 \cdot 1}} = 5,14 \text{ mm}$$

Z katalogu SMC byla zvolena přísavka ZP10BN o průměru $d = 10 \text{ mm}$.

Potřebná nosná síla:

$$F_u = m \cdot \left(g + \frac{a}{\mu} \right) \cdot s \text{ [N]} \quad (3.1.3.2)$$

g – tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

a – zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

μ - součinitel tření pro pryž – papír $\mu=0,25$

Výpočet zrychlení:

$$\omega = \frac{2 \cdot \varphi}{t} = \frac{2 \cdot 90 \cdot \pi}{1,5 \cdot 180} = 2,094 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot \omega}{t^2} = \frac{2 \cdot 2,094}{1,5^2} = 1,861 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a = \varepsilon \cdot r \text{ [m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (3.1.3.3)$$

$$a = \varepsilon \cdot r = 1,861 \cdot 0,189 = 0,352 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$F_u = m \cdot \left(g + \frac{a}{\mu} \right) \cdot s = 0,01 \cdot \left(9,81 + \frac{0,352}{0,25} \right) \cdot 4 = 0,448 \text{ N}$$

Potřebná nosná síla je $F_u = 0,448 \text{ N}$.

Skutečná nosná síla [11]:

$$F_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{p_v}{s} \cdot n \text{ [N]} \quad (3.1.3.4)$$

$$F_s = \frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} \cdot \frac{19 \cdot 10^4}{4} \cdot 1 = 3,73 \text{ N}$$

$$F_u \leq F_s$$

$$0,448 \leq 3,73 \text{ Vyhovuje}$$

Maximální dovolené zrychlení ramene manipulátoru:

$$a_{max} = \frac{(F_s - m \cdot g \cdot s) \cdot \mu}{m \cdot s} = \frac{(3,73 - 0,01 \cdot 9,81 \cdot 4) \cdot 0,25}{0,01 \cdot 4} = 20,86 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Maximální možné zrychlení ramene manipulátoru je $a = 20,86 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Pro kontrolu správnosti výpočtu je vhodné vypočtené maximální dovolené zrychlení dosadit do výchozí rovnice pro výpočet potřebné úchopné síly.

$$F_s = m \cdot \left(g + \frac{a}{\mu}\right) \cdot s = 0,01 \cdot \left(9,81 + \frac{20,86}{0,25}\right) \cdot 4 = 3,73 \text{ N Vyhovuje}$$

3.1.4 Bezpístnicový pneumomotor SMC MY1B16G-100



Obr. 3.1.4.1: Bezpístnicový pneumomotor MY1B [12]

Bezpístnicový pneumomotor MY1B (Obr. 3.1.4.1) slouží k vyvození horizontálního pohybu v úloze razítkování. Na tento motor je prostřednictvím adaptéru připevněn pneumomotor s přesným vedením pístnice MTS, který je opatřen razítkem. K základní desce je připojen prostřednictvím párů nohou.

Tab. 3.1.4.1: Parametry bezpístnicového pneumomotoru MY1B16G-100 [12]

MY1B16G-100		
Parametr (v označení)	Hodnoty/typ	Jednotky
průměr pístu (16)	16	mm
připojení (G)	provedení s centrálním připojením	-
zdvih (100)	100	mm

3.1.5 Pneumomotor s přesným vedením pístnice SMC MTS20-50



Obr. 3.1.5.1: Pneumomotor s přesným vedením pístnice MTS [13]

Pneumomotor MTS (Obr. 3.1.5.1) je vybaven kuličkovým vedením, aby nedocházelo k pootočení pístnice. Pneumomotor je připevněn k bezpístnicovému pneumomotoru pomocí adaptéru. Na konci pístnice je umístěno razítko. V koncové poloze zdvihu motoru dochází k namáčení razítka do podušky nasycené inkoustem a k následnému oražení letáku. Písty jednotlivých zvolených pneumomotorů jsou vybaveny magnety. Pro sledování koncových poloh byly využity elektronické snímače polohy od firmy SMC typu D-M9PL.

Tab. 3.1.5.1: Parametry pneumomotoru MTS20-50 [13]

MTS20-50		
Parametr (v označení)	Hodnoty/typ	Jednotky
průměr pístu (20)	20	mm
zdvih (G)	50	mm

3.1.6 Škrticí ventil se zpětným ventilem AS1201FS-M5-04



Obr. 3.1.6.1: Škrticí ventil se zpětným ventilem [14]

Škrticí ventil se zpětným ventilem (Obr. 3.1.6.1) slouží k řízení rychlosti jednotlivých pneumatických prvků. Jednosměrné ventily jsou napojeny na jednotlivé vstupy a výstupy z pneumomotorů. Tento typ ventilů umožňuje škrcení na výstupu.

Tab. 3.1.6.1: Parametry škrticího ventilu AS1201FS-M5-04 [14]

AS1201FS-M5-04		
Parametr (v označení)	Hodnoty/typ	Jednotky
velikost tělesa (1)	M5x0,8	mm
funkční princip (0)	škrcení na výstupu	-
závit	R	-
přípojovací závit (M5)	M5	-
hadice (0,4)	4	mm

3.1.7 Filtr s regulátorem tlaku SMC AW20-F01H-A



Obr. 3.1.7.1: Filtr s regulátorem tlaku AW20 [15]

Kombinace filtru a regulátoru tlaku (Obr. 3.1.7.1) šetří nároky na prostor. Skládá se z ručně ovládaného regulátoru s aretací řady AR-A s rozsahem nastavení od 0,05 MPa do 0,7 MPa a filtru AF-A s filtrací 5 μ m, dále obsahuje nádobku s automatickým odpouštěním kondenzátu. K tomuto filtru s regulátorem tlaku byl připojen manometr G36-10-01-L (Obr. 3.1.7.2) a na výstup z regulátoru byl díky mezikusu s upevňovacím úhelníkem napojen ručně ovládaný 3/2 ventil VHS20-F01A (Obr. 3.1.7.3) obsahující tlumič hluku AN10-01. Tento regulátor slouží k nastavení požadovaného pracovního tlaku v systému zařízení a díky filtru poskytuje potřebnou čistotu stlačeného vzduchu. Ručně ovládaný 3/2 ventil umožňuje připojení nebo odpojení celého systému od tlaku vzduchu. Tato sestava je k základní desce připevněna pomocí ocelové nohy [15].



Obr. 3.1.7.2: Manometr GL36-L [16]



Obr. 3.1.7.3: Ventil VHS20 [17]

3.1.8 Elektronický vakuový snímač ZSE30AF-C4L-E-L



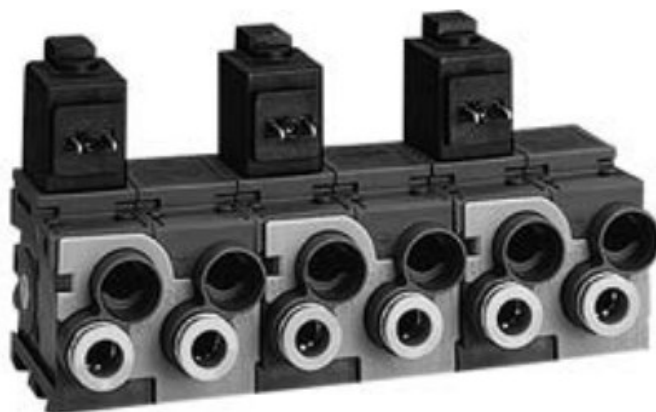
Obr. 3.1.8.1: Elektronický vakuový snímač ZSE30A [18]

Elektronický vakuový snímač (Obr. 3.1.8.1) slouží ke snímání dosažené hodnoty vakua na přísavce. Rozsah měřeného tlaku je -100 až 100 kPa, přičemž se v tomto rozmezí nastaví hodnota tlaku, při jejímž dosažení dojde k sepnutí výstupu tohoto snímače. Jedná se o PNP snímač disponující jedním napěťovým analogovým výstupem, který v tomto případě nebyl využit. Vakuum je ke snímači přiváděno pneumatickou hadicí, která je díky T-kusu paralelně zapojena na pneumatickou hadici mezi ejektor a přísavku.

Tab. 3.1.8.1: Parametry elektronického vakuového snímače ZSE30AF-C4L-E-L [18]

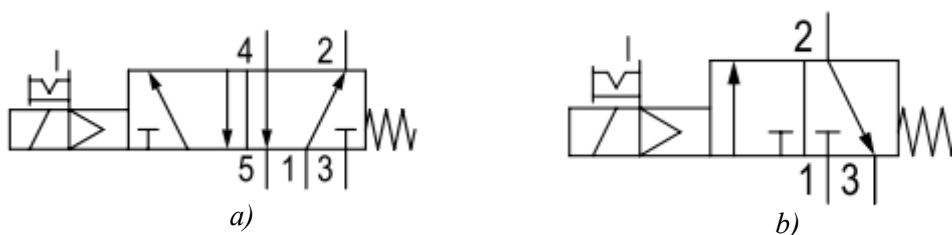
ZSE30AF-C4L-E-L		
Parametr (v označení)	Hodnoty/typ	Jednotky
rozsah měřeného tlaku (F)	-100÷100	kPa
specifikace připojení (C4L)	úhlová nástrčná spojka průměru 4	mm
provedení (E)	PNP otevřený konektor + napěťový analogový výstup	-
volitelné provedení (L)	kabel s konektorem (délka kabelu 2m)	-

3.1.9 Ventilový terminál



Obr. 3.1.9.1: Ventilový terminál Bosch Pneumatics [19]

Ventilový terminál (Obr. 3.1.9.1) je tvořen šesti nepřímo řízenými elektromagnetickými 5/2 rozváděči řady 579 a jednoho 3/2 rozváděče řady 579 od firmy Bosch Pneumatics. Označení rozváděče 5/2 znamená, že je 5-ti cestný a 2polohový. V případě 3/2 rozváděče je rozváděč 3cestný a 2polohový. Jedná se o tzv. monostabilní rozváděče, což značí, že základní poloha rozváděče je pořád stejná a je dána řídicí pružinou. Po přivedení ovládacího napětí ($U=24V$ DC) na cívku elektromagnetu dojde k přestavení ventilu do druhé polohy proti síle pružiny. Po následném vypnutí cívky elektromagnetu dojde vlivem síly pružiny k přestavení rozváděče do základní polohy. Ventily jsou vybaveny nouzovým manuálně řízeným ovládáním, umístěným na zadní straně v podobě otočného šroubu. Přivedení napětí na cívku elektromagnetu ventilu je indikováno LED diodou umístěnou na konektoru cívky elektromagnetu [19].



Obr. 3.1.9.2: Schématická značka ventilu: a) 5/2 ventil, b) 3/2 ventil [19]

Napětí je na cívky elektromagnetů jednotlivých rozváděčů přivedeno prostřednictvím konektorů s třížilovým kabelem řady CN1 (Obr. 3.1.9.3).



Obr. 3.1.9.3: Konektor CN1[19]

3.1.10 PLC Siemens LOGO! 12/24 RCE



Obr. 3.1.10.1: PLC Siemes LOGO! 12/24 RCE [20]

PLC Siemens LOGO! (Obr. 3.1.10.1) představuje spojení spínacích, časových, logických a ostatních speciálních funkcí do jednoho modulu. V důsledku většího počtu vstupů a výstupů musel být tento základní modul rozšířen o dva rozšiřující moduly DM8 12/24R (Obr. 3.1.10.2). Pro napájení těchto modulů byl použit napájecí zdroj LOGO!POWER 6EP1331-1SH03 (Obr. 3.1.10.3) se vstupním napětím 100 až 240 V AC a s výstupním napětím 24 V a proudem 1,3 A [23].



Obr 3.1.10.2: Rozšiřující modul [21]



Obr 3.1.10.3: Napájecí zdroj [22]

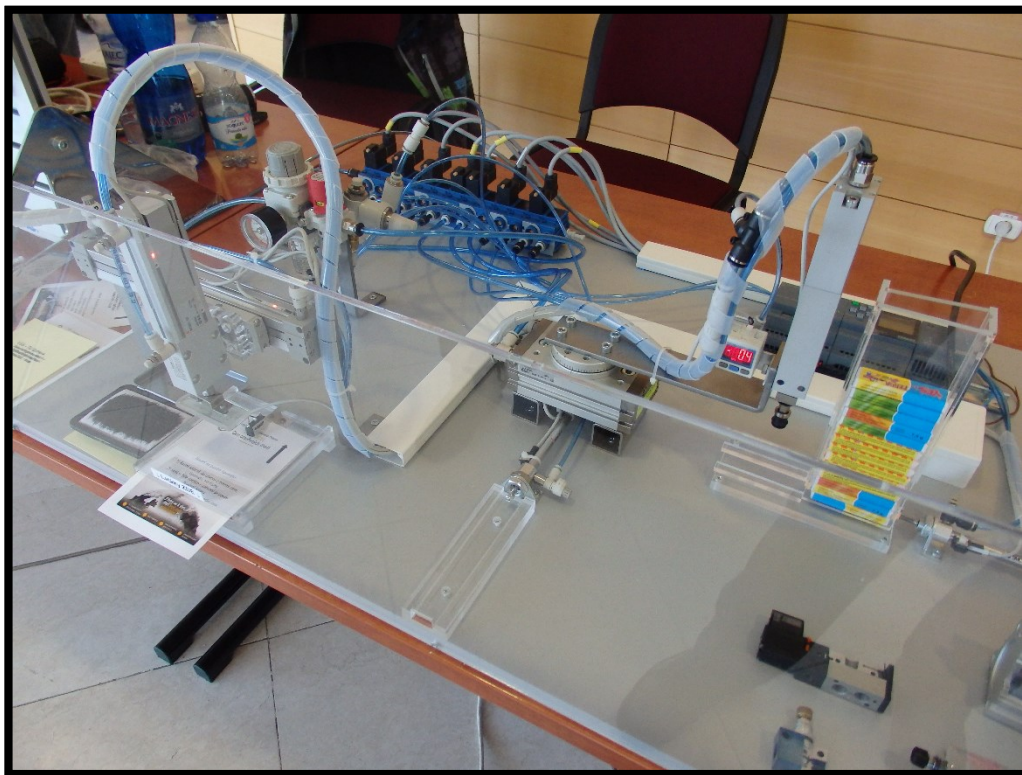
Vstupy – Základní modul LOGO! obsahuje 8 digitálních vstupů s maximálním přípustným napětím do 28,8 V DC a 4 analogové vstupy s napětím o rozsahu od 0 do 10 V DC. Každý následující rozšiřující modul poskytuje další 4 digitální vstupy s maximálním přípustným napětím do 28,8 V DC. Na tyto vstupy byly připojeny jednotlivé PNP snímače koncových poloh pneumomotorů, tlačítka, koncový spínač a snímač vakua [23].

Výstupy – Základní modul obsahuje 4 digitální reléové výstupy. Každý další rozšiřující modul přidává 4 digitální reléové výstupy. Výstupy základního modulu lze, každý samostatně, zatížit maximálním proudem o hodnotě 10 A. V případě rozšiřujících modulů mohou být jednotlivé výstupy zatíženy maximálním proudem 5 A. Na tyto výstupy byly připojeny cívky elektromagnetů jednotlivých rozváděčů ventilového terminálu [23].

Programování – programy pro PLC LOGO! se programují pomocí dvou jazyků v softwarovém prostředí LOGO!Soft Comfort. Jedná se o programování pomocí kontaktních schémat LAD (ladder diagram) a funkčních blokových schémat FBD (function block diagram) [23].

4 Popis funkce zařízení

Jak již bylo zmíněno v úvodní části práce, jedná se o demonstrační zařízení (Obr. 4.1) složené ze dvou úloh. V následující kapitole bude popsán podrobnější popis funkce zařízení.

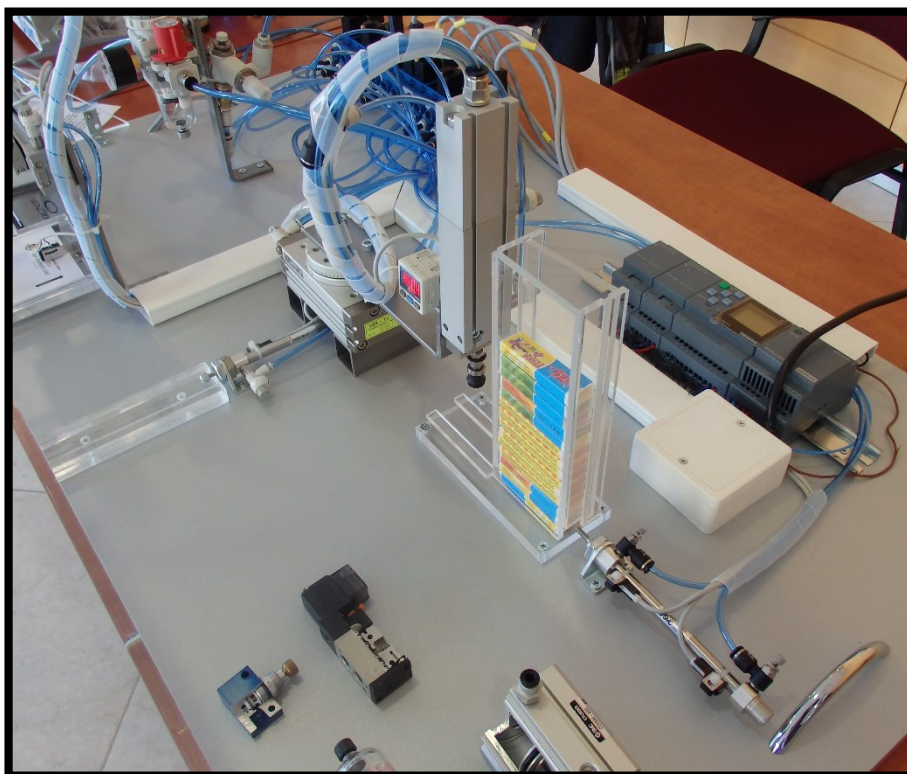


Obr. 4.1: Demonstrační zařízení

Úkolem první úlohy je přepravit daný předmět (bonbony Lipo), umístěný v zásobníku, do místa odběru. Spuštění zařízení je realizováno tlačítkem umístěným na čelním krytu a je podmíněno sepnutím koncového spínače, vložením papírového informačního letáku, umístěného v místě razítkování. Po vložení informačního letáku tak, aby se sepnul koncový spínač, a stisknutím příslušného tlačítka dojde k vysunutí manipulovaného předmětu, a to ze zásobníku, pomocí přímočarého dvojčinného pneumomotoru. Po vysunutí pneumomotoru do koncové polohy se začne vysouvat pístnice pneumomotoru s přísavkou umístěnou na jejím konci. Tento pneumomotor je vertikálně umístěn na rameni, které jej spojuje s otočným stolem. Ve vysunuté poloze pneumomotoru dojde ke styku přísavky s manipulovaným předmětem a prostřednictvím ejektoru je v přísavce vytvářeno vakuum. Hodnota vakua na přísavce je snímána snímačem podtlaku a po dosažení nastavené hodnoty tlaku na tomto snímači ($p = -15 \text{ kPa}$) se pístnice pneumomotoru vrací do výchozí polohy s manipulovaným předmětem přichyceným na přísavce. Po návratu pístnice pneumomotoru s přísavkou do základní polohy se zasune pístnice prvního pneumomotoru a začne se otáčet rameno pomocí otočného stolu, u kterého byl nastaven úhel kyvu $\varphi = 90^\circ$. Na konci kyvu se opět začne

Diplomová práce

vysouvat pístnice pneumomotoru s uchopeným předmětem a ve spodní poloze dojde k přerušení dodávky vakua, čímž je manipulovaný předmět upuštěn od přísavky a poté se pístnice ihned vrací do původní polohy. Následně se vrátí i otočné rameno. V posledním kroku dojde k vysunutí manipulovaného předmětu do místa odběru, který je tvořený otvorem umístěným v čelním krytu, prostřednictvím přímočarého dvojčinného pneumomotoru, který se po vysunutí okamžitě vrací do počáteční polohy. Manipulovaný předmět může být odebrán. V případě, že by v kterémkoliv kroku manipulace předmětu došlo ke ztrátě podtlaku, v důsledku špatného uchopení předmětu, a jeho následnému pádu, se všechny pneumatické prvky vrátí do výchozí polohy.



Obr. 4.2: Manipulace s předmětem

V druhé úloze, která představuje razítkování (Obr. 4.3), je nutné, aby byl leták v otvoru zasunut tak, aby byl sepnut koncový spínač. Poté je nutné stisknout příslušné tlačítko pro razítkování. Po stisknutí tlačítka se začne přesouvat bezpístnicový pneumomotor, na kterém je pomocí adaptéru připevněn pneumomotor s přesným vedením, ze základní polohy. Po uražení celkového zdvihu bezpístnicového pneumomotoru dojde k vysunutí pneumomotoru s přesným vedením, na jehož pístnici je připevněno razítko. V tomto kroku dojde k namočení razítka díky umístěné podušce v místě tohoto pohybu. Pneumomotor s razítkem se vrací do výchozí polohy a poté se do výchozí polohy přesune i bezpístnicový pneumomotor. V posledním kroku dojde k oražení letáku razítkem. V případě, že by během tohoto sledu pohybů došlo k vysunutí letáku a tím se rozpojil koncový spínač, všechny

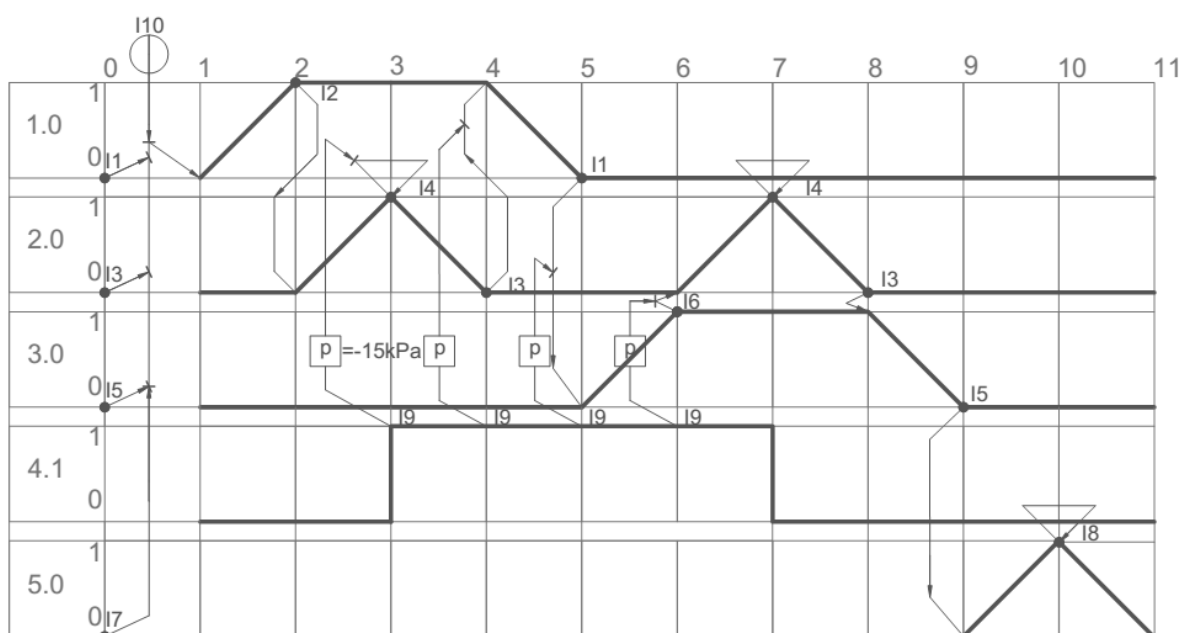
Diplomová práce

pneumomotory se vrátí do základní polohy a k orazítkování nedojde. Dále není možné jeden leták orazit vícekrát než jednou. Proto je nutné před dalším razítkováním vysunout leták a tím dojde k resetování celého řídicího programu.

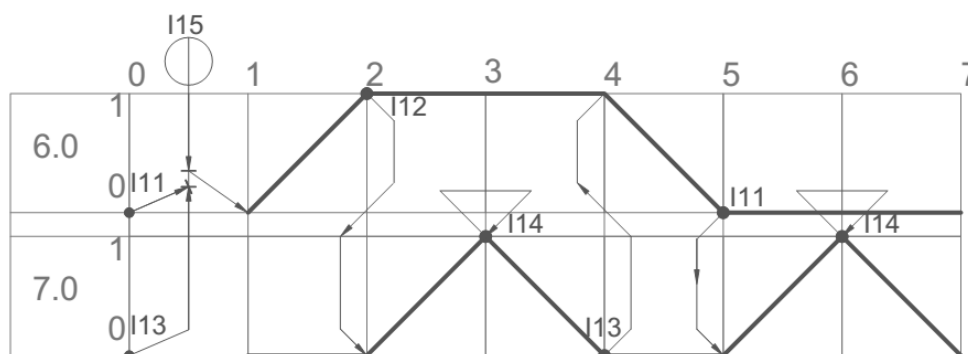


Obr. 4.3: Razítkování

Sled pohybů pneumatických prvků jednotlivých úloh je zobrazen v následujících krokových diagramech. Krokové diagramy s komplexními diagramy pohybů a řízení jsou umístěny v příloze.



Obr. 4.4: Krokový diagram cyklu manipulátoru



Obr. 4.5: Krokový diagram cyklu razítkování

4.1 Vstupy

Jednotlivé vstupy představují signály jednotlivých snímačů nebo generátorů signálu, vyslaných do programovatelného automatu. V této úloze jsou signály jednotlivých vstupů vyvozeny především snímači koncových poloh pneumomotorů, signály ze spouštěcích tlačítek, koncovým spínačem a podtlakovým snímačem. V případě digitálních vstupů je aktivní nebo neaktivní vstup reprezentován logickou „0“ (neaktivní) nebo logickou „1“ (aktivní), přičemž se používají dva typy zapojení, a to PNP nebo NPN. V případě tohoto zařízení byly použity PNP snímače.

Označení jednotlivých vstupů:

- I1 – Přímočarý pneumomotor 1.0 zasunut.
- I2 – Přímočarý pneumomotor 1.0 vysunut.
- I3 – Pneumomotor s dutou pístnicí pro přívod vakua 2.0 zasunut.
- I4 – Pneumomotor s dutou pístnicí pro přívod vakua 2.0 vysunut.
- I5 – Otočný stůl 3.0 v základní poloze.
- I6 – Otočný stůl 3.0 v koncové poloze.
- I7 – Přímočarý pneumomotor 5.0 zasunut.
- I8 – Přímočarý pneumomotor 5.0 vysunut.
- I9 – Vakuum v přísavce 4.0.
- I10 – Tlačítko manipulátoru stisknuto.
- I11 – Bezpístnicový pneumomotor 6.0 v základní poloze.
- I12 – Bezpístnicový pneumomotor 6.0 koncové poloze.
- I13 – Pneumomotor s přesným vedením 7.0 zasunut.
- I14 – Pneumomotor s přesným vedením 7.0 vysunut.
- I15 – Tlačítko razítkování stisknuto.

4.2 Výstupy

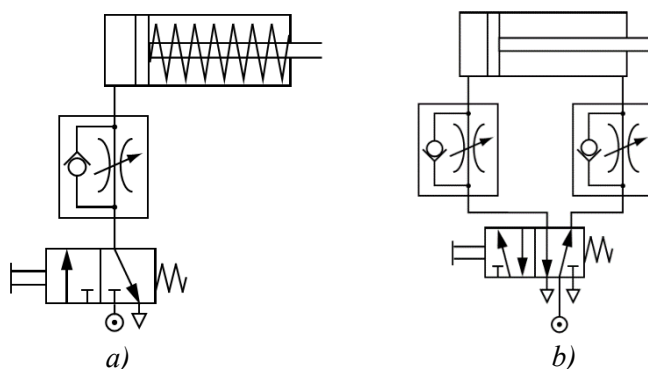
Jednotlivé výstupy v této úloze představují cívky elektromagneticky ovládaných rozváděčů, které slouží k řízení pohybů jednotlivých pneumatických prvků. Na tyto výstupy je prostřednictvím programovatelného automatu přiváděno napětí v závislosti na vstupních signálech (poloh jednotlivých prvků, spínačů a tlačítek) a na daném řídicím programu. Po přivedení řídicího napětí dojde k přestavení ventilu.

Označení jednotlivých výstupů:

- Q1 – Monostabilní 5/2 rozváděč přímočarého pneumomotoru 1.0.
- Q2 – Monostabilní 5/2 rozváděč pneumomotoru s dutou pístnicí pro přívod vakua 2.0.
- Q3 – Monostabilní 5/2 rozváděč otočného stolu 3.0.
- Q4 – Monostabilní 3/2 rozváděč ejektoru pro přívod vakua na přísavku 4.0.
- Q5 – Monostabilní 5/2 rozváděč přímočarého pneumomotoru 5.0.
- Q6 – Monostabilní 5/2 rozváděč bezpístnicového pneumomotoru 6.0.
- Q7 – Monostabilní 5/2 rozváděč pneumomotoru s přesným vedením 7.0.

4.3 Pneumatické zapojení

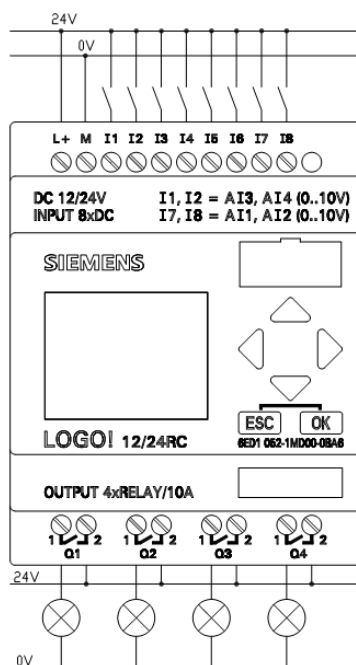
Zdroj tlakového vzduchu (kompresor) je k zařízení připojen pomocí uzavíracího ventilu a regulátoru tlaku s odlučovačem kondenzátu. Regulátor tlaku udržuje stálou hodnotu tlaku v pracovním okruhu a umožňuje nastavení pracovního tlaku v rozsahu 0,05 až 0,7 MPa. V případě tohoto zařízení byl pracovní tlak regulován na tlak cca 0,2 MPa. Regulátor tlaku byl, prostřednictvím uzavíracího ventilu, propojen pneumatickou hadicí jmenovitého průměru $d = 6$ mm s ventilovým terminálem. Jednotlivé pneumatické prvky byly s ventilovým terminálem propojeny pneumatickými hadicemi jmenovitého průměru $d = 4$ mm s výjimkou otočného stolu a ejektoru, kde musely být použity hadice jmenovitého průměru $d = 6$ mm. Jelikož ventilový terminál umožňuje připojení pneumatických hadic o průměru $d = 6$ mm, bylo nutné použít redukce, aby bylo možno připojit hadice průměru $d = 4$ mm. K jednotlivým pneumatickým prvkům byly hadice připojeny prostřednictvím nástrčného šroubení. K řízení rychlosti jednotlivých pneumatických prvků byly použity škrticí ventily jako řídicí členy, které jsou vybaveny jednosměrným ventilem, který umožňuje proudění vzduchu v jednom směru a brání průtoku stlačeného vzduchu v obráceném směru. Tím je zabezpečeno škrcení průtoku vzduchu pouze v jednom směru a nabízí se tak škrcení na vstupu nebo na výstupu z pneumatického prvku. V případě škrcení průtoku vzduchu na vstupu je obtížné dosáhnout rovnoměrné rychlosti pístu a je vhodný při použití jednočinných pneumomotorů (Obr. 4.3.1: a)). V tomto demonstračním zařízení bylo použito škrcení na výstupu a tím byla zajištěna rovnoměrná rychlost pístnice [4].



Obr. 4.3.1: Příklad škrcení: a) škrcení na vstupu, b) škrcení na výstupu [14]

4.4 Elektrické zapojení

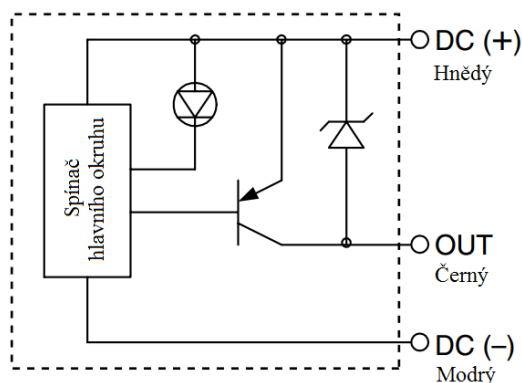
Jako napájecí zdroj byl použit zdroj LOGO!POWER 6EP1331-1SH03 s parametry výstupního napětí 24V a proudem 1,3A. Tento zdroj je spojen se základním modulem LOGO!. Zdroj je napájen vstupním napětím 240 V AC kabelem z rozvodné sítě. Napětí pro PLC je přiváděno označenými vodiči. Dále je zařízení vybaveno jednou svorkovnicí typu věneček umístěnou v instalační krabici, která zabezpečuje +24 V a 0V pro napájení jednotlivých snímačů a spínačů (vstupy). Vodiče jednotlivých snímačů a spínačů byly z bezpečnostních a estetických důvodů umístěny do instalačních lišt. Zapojení všech elektrických komponentů do programovatelného automatu bylo provedeno následujícím způsobem:



Obr. 4.4.1: Příklad zapojení elektrických komponentů do PLC

Jak již bylo zmíněno, jednotlivé snímače a spínače byly napájeny prostřednictvím svorkovnice, na kterou bylo napětí přivedeno ze zdroje programovatelného automatu. Byly použity třížilové PNP snímače D-M9PL od SMC. Tlačítka a spínač byly dvoužilové. Cívky elektromagnetů (výstupy) byly zapojeny dle manuálu Siemens.

Zapojení PNP snímačů bylo provedeno podle schématu:



Obr. 4.4.2: Schéma zapojení PNP snímače [24]

Hnědý vodič je napojen na 24 V na svorkovnici, modrý vodič na 0 V a černý vodič je přiveden na vstup do PLC. V případě dvoužilových tlačítek a spínače byl jeden vodič napojen na 24 V na svorkovnici a druhý vodič byl napojen na vstup do PLC. Při sepnutí je na daný vstup přivedeno napětí 24 V, tím dochází k aktivaci vstupu.

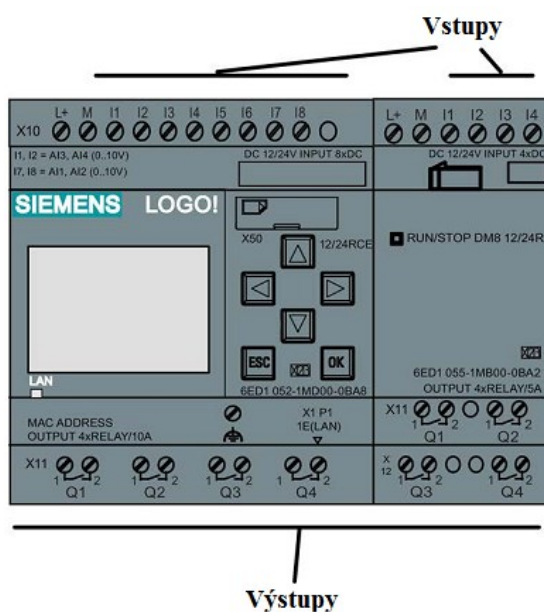
Kompletní elektrické schéma je uvedeno v příloze D.

5 Programování programovatelného automatu LOGO!

V této kapitole je popsáno programovací prostředí. Tato práce může sloužit jako návod pro cvičení z předmětu Řízení pneumatických mechanismů. Zároveň je zde uvedena část řídicího programu vzorového manipulačního zařízení. Programování představuje sestavení řídicího programu pro daný obvod. Pro tvorbu jednotlivých programů se využívá software LOGO!Soft Comfort. Jedná se o software, který umožňuje rychlé a snadné vytvoření, odzkoušení, upravování, ukládání a tisk programů pro dané obvody. Při použití modulů s displejem je možné vytvářet programy přímo v automatu za pomoci klávesnice umístěné na čelní straně. Tento způsob je vhodný pro vytvoření jednoduchých programů a úpravu stávajících programů [4].

5.1 Konektory

LOGO! je vybaveno vstupy a výstupy (Obr. 5.1.1).



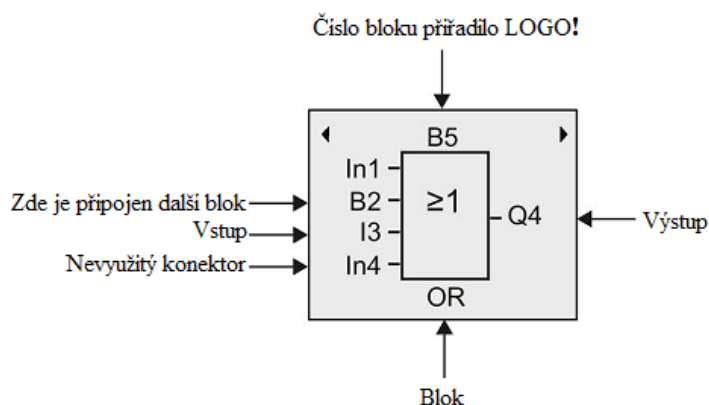
Obr. 5.1.1: Příklad konfigurace s rozšiřujícím modulem [23]

Jednotlivé vstupy jsou označeny písmenem I a číslem příslušného vstupu a korespondují s čísly vstupních konektorů modulu LOGO! a připojenými rozšiřujícími moduly v pořadí, jak byly nainstalovány. V případě výstupů je použito označení písmenem Q a číslem příslušného výstupu. LOGO! rozpozná, přečte a přepne vstupy a výstupy jednotlivých rozšiřujících modulů bez ohledu na jejich typ. Název „konektor“ se vztahuje ke všem spojům a stavům v programovatelném automatu LOGO!. Stav jednotlivých digitálních vstupů a výstupů může být '0' nebo '1'. Stav '0' znamená, že je vstup neaktivní a na vstupu/výstupu není specifické napětí. Stav '1' znamená, že se na vstupu objevilo specifické napětí

a vstup/výstup je aktivní. Modul programovatelného automatu LOGO! obsahuje konektory 'hi' (high) a 'lo' (low). K ulehčení programování jsou k těmto konektorům přiřazeny stavy '1' a '0', kde '1' přísluší konektoru 'hi' a '0' náleží konektoru 'lo'. V případě bloků nemusí být využity všechny konektory. Nepoužitým konektorům program přiřadí stav, zajišťující vhodnou funkci příslušného bloku [23].

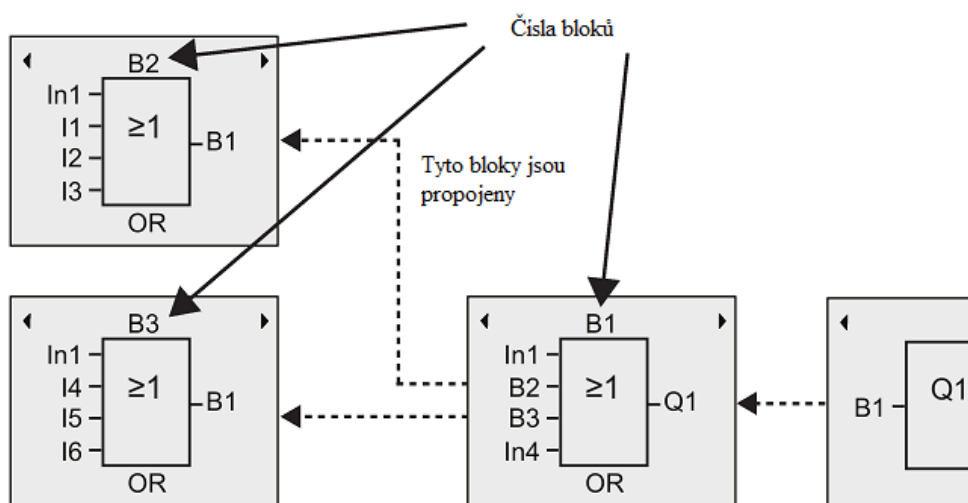
5.2 Bloky

Blok (Obr. 5.2.1) představuje funkci, která slouží k převedení vstupní informace na výstupní. Na displeji programovatelného automatu je možno zobrazit pouze jeden blok. Z toho důvodu jsou jednotlivým blokům přiřazena čísla, která slouží k lepší orientaci ve struktuře programu [23].



Obr. 5.2.1: Zobrazení bloku v modulu LOGO! [23]

LOGO! automaticky přiřadí číslo každému vloženému bloku do programu (Obr. 5.2.2). Toto číslo slouží pro zobrazení zapojení bloků a je určeno pro lepší orientaci v programu [23].



Obr. 5.2.2: Tři pohledy na displej LOGO! [23]

5.3 LOGO!Soft Comfort

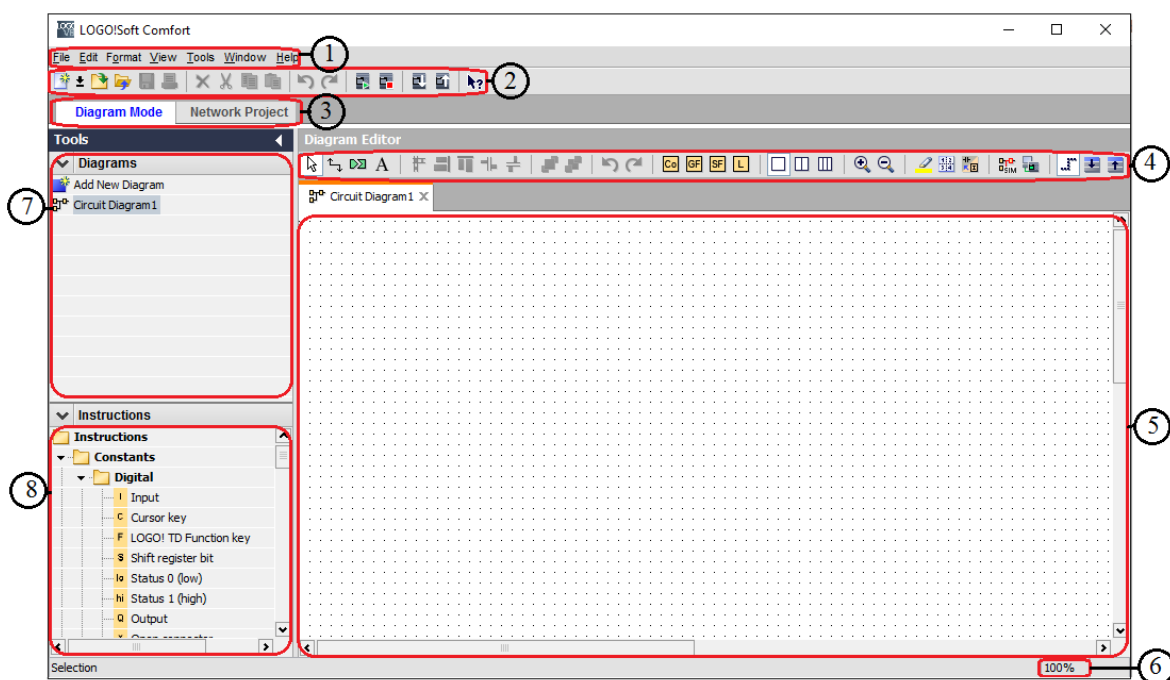
Jedná se o software sloužící k tvorbě jednotlivých obvodových programů pro dané úlohy. LOGO!Soft Comfort nabízí mnoho funkcí, například umožňuje offline vytváření programů, a to užitím kontaktního schématu (kontaktní graf/schéma obvodu) nebo funkčních bloků (funkční schéma), simulování programů obvodů přímo na počítači, snadnou konfiguraci jednotlivých bloků a porovnávání jednotlivých programů, generování a tisk přehledných schémat programů, přenos programu z počítače do LOGO! a zase zpět, čtení hodnot čítače provozních hodin apod. Tento software umožňuje online testování změn stavů a procesních proměnných v programovatelném automatu LOGO!. Jedná se o stavy digitálních i analogových vstupů, výstupů, příznaků, digitálních bitů posuvného registru a kurzorových kláves. Dále je možno testovat výsledky aktuálních bloků, včetně jejich aktuálních hodnot včetně časů [25].

Použití softwaru LOGO!Soft Comfort má několik výhod. Mezi tyto výhody patří například vyvíjení programu na počítači, ověření správné funkce pomocí simulace v počítači, tím odpadá nutnost přítomnosti PLC LOGO! před vlastní realizací v systému, snadná úprava stávajících programů, rychlé a bezproblémové stáhnutí programu do PLC LOGO! apod. [25].

5.4 Základní popis programu LOGO!Soft Comfort V8

Samotný program LOGO!Soft Comfort je podporován OS Windows 7 32bit/64bit, Windows 8 nebo Windows XP a dalších operačních systémech, jako je Linux, Mac apod. Programovací rozhraní pro vytváření obvodových programů zabírá větší část obrazovky. Ikony a logické funkce programu obvodu jsou umístěny na tomto programovacím rozhraní. V případě tvorby rozsáhlých programů obvodu je rozhraní vybaveno posuvníky, které lze použít pro svislé a vodorovné posouvání programu obvodu [25].

Okno editoru se skládá z několika částí:



Obr. 5.4.1: LOGO!Soft Comfort

1. Hlavní nabídka.
2. Standardní panel nástrojů.
3. Lišta režimu.
4. Panel nástrojů programování.
5. Programovací rozhraní
6. Stavový řádek
7. Strom diagramu
8. Strom prvků

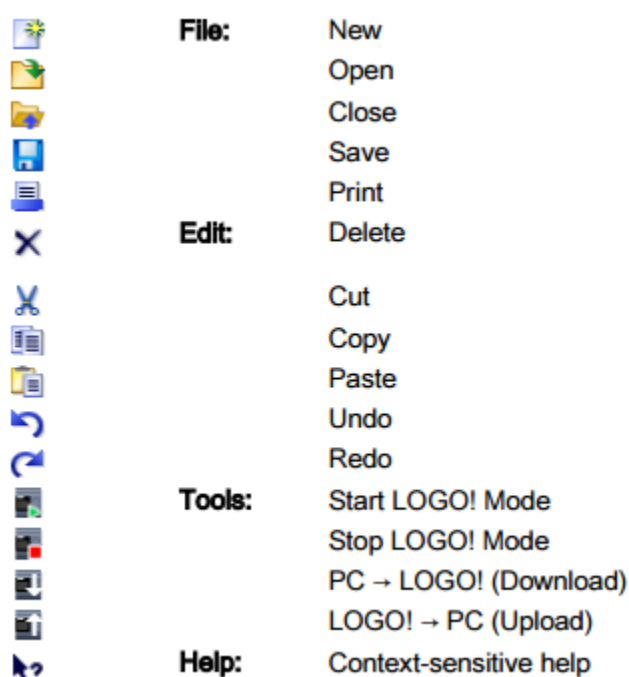
5.4.1 Hlavní nabídka

V horní části softwaru LOGO!Soft Comfort se nachází okno obsahující hlavní nabídku. Zde se nachází příkazy pro editaci a správu programu obvodu, funkce pro nastavení výchozího nastavení a přenos programu do programovatelného automatu LOGO! [25].

5.4.2 Standardní panel nástrojů

Standardní panel nástrojů obsahuje ikony poskytující rychlý přístup k příkazům, které jsou v nabídce k dispozici.

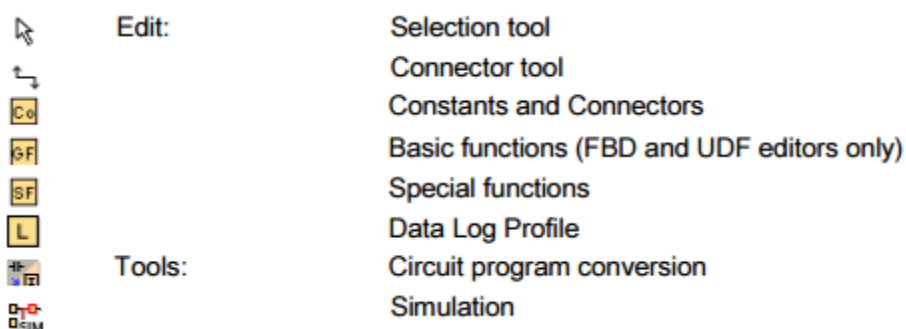
Ve standardním panelu nástrojů se nacházejí tyto příkazy:



Obr. 5.4.2.1: Příkazy standardního panelu nástrojů [5]

5.4.3 Panel nástrojů programování

V panelu nástrojů programování jsou obsaženy ikony pro vytváření, editaci a testování programů.



Obr. 5.4.3.1: Vybrané ikony panelu nástrojů programování [5]

5.4.4 Programovací rozhraní

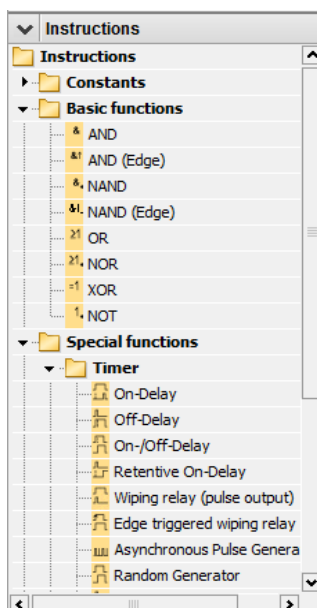
V tomto okně se provádí samotné sestavování programu obvodu vkládáním jednotlivých vstupů, výstupů, konstant, standardních logických funkcí, speciálních funkcí a jejich vzájemným propojením s ohledem na požadované funkce programu [25].

5.4.5 Strom diagramu

Strom diagramu slouží ke spravování schémat obvodu. V tomto stromu diagramu se nachází všechny nově vytvořené nebo otevřené programy obvodu. Díky tomuto stromu diagramu je možné přepínat jednotlivé programy dvojitém kliknutím na jejich název, který se nachází v této nabídce [25].

5.4.6 Strom prvků

Toto okno obsahuje hierarchický seznam všech prvků, které mohou být použity k tvorbě programu obvodu. V případě programování v jazyce FBD (Function block diagram) se jedná o konstanty, základní funkce, speciální funkce apod. [25]



Obr. 5.4.6.1: Strom prvků

5.5 Konstanty a konektory – Co

Jedná se o vstupy, výstupy, příznaky a pevné hodnoty napětí. Zkratka Co koresponduje s označením ikony, obsahující konstanty a konektory, v programu LOGO!Soft Comfort.

5.5.1 Vstupy

Digitální vstupy jsou označovány písmenem I a číslem příslušného vstupního konektoru modulu LOGO! a digitálních rozšiřujících modulů v pořadí, v jakém byly nainstalovány.

PLC Siemens LOGO! 12/24 RCE je vybaven vstupy I1, I2, I7 a I8, které mohou být nakonfigurovány jako vstupy AI3, AI4, AI1 a AI2 využívající analogové hodnoty [23].

5.5.2 Výstupy

Digitální výstupy jsou označovány písmenem Q a číslem příslušného výstupního konektoru modulu LOGO! a digitálních rozšiřujících modulů v pořadí, v jakém byly nainstalovány [23].

V případě analogových výstupů musí být použit základní nebo rozšiřující modul podporující analogové výstupy. Analogové výstupy jsou označovány písmeny AQ a číslem příslušného výstupního konektoru. Analogové výstupy lze spojit pouze s analogovým vstupem funkce, analogovým příznakem AM nebo analogovým vstupním konektorem [23].

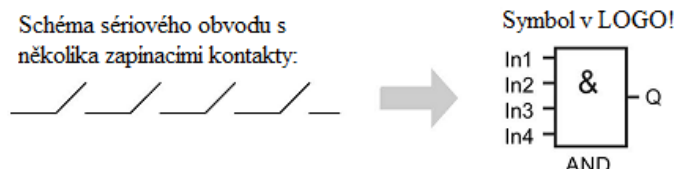
5.5.3 Příznakové bloky

Jedná se o virtuální výstupy, které mají hodnotu na vstupu totožnou jako hodnotu na svém výstupu. Digitální příznaky jsou označovány písmenem M a analogové písmenem AM. LOGO! poskytuje 27 digitálních příznaků (M1...M27) a 6 analogových příznaků (AM1...AM6) [23].

5.6 Základní funkce - GF

Základní funkce (GF koresponduje s označením ikony základních funkcí v softwaru LOGO!Soft Comfort a vychází z německého slova Grundfunktionen) představují jednoduché logické prvky Booleanovy algebry. Jedná se o bloky základních funkcí, které mohou být použity pro sestavení programu [23].

5.6.1 And



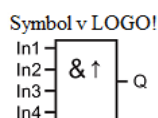
Obr. 5.6.1.1: Logický prvek AND [23]

Výstup AND je aktivní, jestliže jsou všechny vstupy aktivní. Nepoužité vstupy jsou automaticky aktivní.

Tab. 5.6.1.1: Tabulka logiky AND

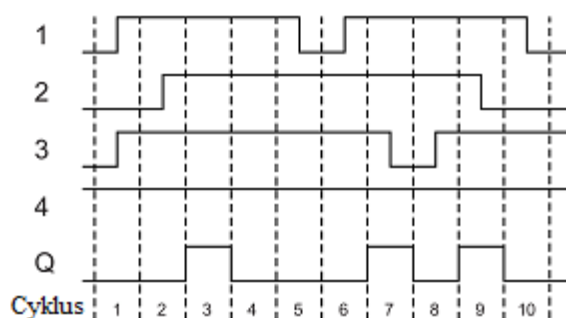
1	2	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

5.6.2 AND s vyhodnocením hrany



Obr. 5.6.2.1: Logický prvek AND s vyhodnocením hrany [23]

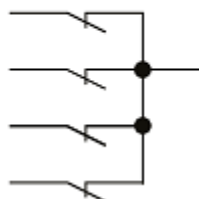
Výstup AND s vyhodnocením hrany je aktivní v případě, jsou-li všechny vstupy aktivní a alespoň jeden vstup byl v předchozím programovém cyklu neaktivní. Nepoužité vstupy jsou automaticky aktivní [23].



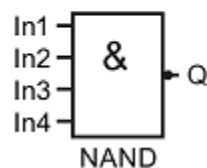
Obr. 5.6.2.2: Cyklus prvku AND s vyhodnocením hrany [23]

5.6.3 NAND (negace konjunkce)

Paralelní obvod s více vypínacími kontakty ve schématu:



Symbol v LOGO!



Obr. 5.6.3.1: Logický prvek NAND [23]

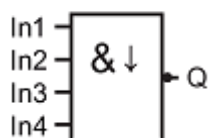
Výstup NAND je neaktivní, jestliže jsou všechny vstupy aktivní. Nepoužité vstupy jsou automaticky aktivní.

Tab. 5.6.3.1: Tabulka logiky NAND

1	2	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

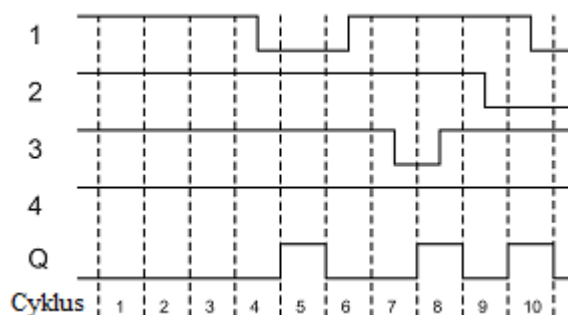
5.6.4 NAND s vyhodnocením hrany

Symbol v LOGO!



Obr. 5.6.4.1: Logický prvek NAND s vyhodnocením hrany [23]

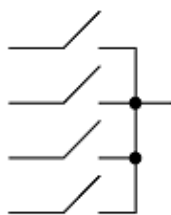
Výstup NAND s vyhodnocením hrany je aktivní v případě, je-li alespoň jeden vstup neaktivní a všechny vstupy byly v předchozím programovém cyklu aktivní. Nepoužité vstupy jsou automaticky aktivní [23].



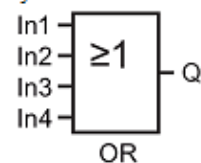
Obr. 5.6.4.2: Cyklus prvku NAND s vyhodnocením hrany [23]

5.6.5 OR

Paralelní spojení více kontaktů:



Symbol v LOGO!



Obr. 5.6.5.1: Logický prvek OR [23]

Výstup OR je aktivní, je-li alespoň jeden vstup aktivní. Nepoužité vstupy jsou automaticky aktivní.

Tab. 5.6.5.1: Tabulka logiky OR

1	2	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

5.6.6 NOR (negace, disjunkce)

Schéma paralelního obvodu s několika spinacími kontakty



Symbol v LOGO!



Obr. 5.6.6.1: Logický prvek NOR [23]

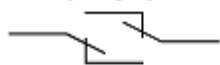
Výstup NOR je aktivní, jsou-li všechny vstupy neaktivní. Nepoužité vstupy jsou automaticky neaktivní.

Tab. 5.6.6.1: Tabulka logiky NOR

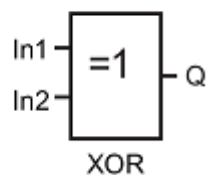
1	2	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

5.6.7 XOR

XOR znázorňují 2 přepínací kontakty zapojené do série



Symbol v LOGO!



Obr. 5.6.7.1: Logický prvek XOR [23]

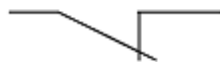
Výstup XOR je aktivní, nejsou-li vstupy ekvivalentní. Nepoužité vstupy jsou automaticky neaktivní [23].

Tab. 5.6.7.1: Tabulka logiky XOR

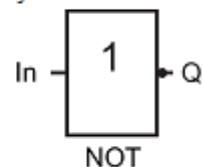
1	2	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

5.6.8 NOT (negace, invertor)

Vypínací kontakt ve schématu obvodu:



Symbol v LOGO!



Obr. 5.6.8.1: Logický prvek NOT [23]

Výstup NOT je aktivní, je-li vstup neaktivní. Jedná se o invertor stavu vstupu.

Tab. 5.6.8.1: Tabulka logiky NOT

1	Q
0	1
1	0

5.7 Speciální funkce – SF

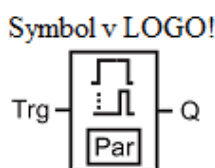
Speciální funkce (SF v německém jazyce Sonderfunktionen) představují funkce časového spínače, remanence a různá nastavení parametrů pro adaptaci programu. Programovatelný automat umožňuje využít celkem 36 speciálních funkcí. V této kapitole bude uvedeno několik příkladů speciálních funkcí [23].

Označení vstupu logických funkcí:

- **S** (Set) - nastavení výstupu na „1“
- **R** (Reset) - nastavení výstupu na „0“
- **Trg** (Trigger) - vstup pro start funkce
- **Cnt** (Count) - vstup pro čítání pulzů
- **Ral** (Reset all) - reset všech interních hodnot
- **Fre** (Frequenci) - vstup signálu pro výpočet frekvence
- **Dir** (Direction) - vstup definuje směr čítání
- **En** (Enable) - uvolnění funkce bloku („0“ – blokuje)
- **Inv** (Invert) - vstup invertuje výstup z bloku
- **Par** (Parameter) - parametr funkce (nejedná se o vstup)

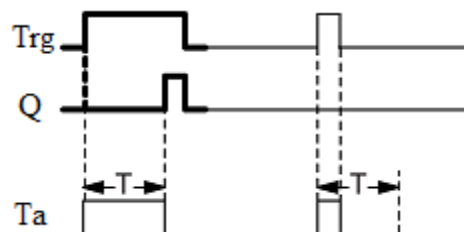
5.7.1 On-delay - Zpoždění od náběžné hrany signálu

Vstupní signál spustí časovač zpožděného zapnutí. Po uplynutí času T dojde k sepnutí výstupu.



Obr. 5.7.1.1: Zpoždění od náběžné hrany signálu [23]

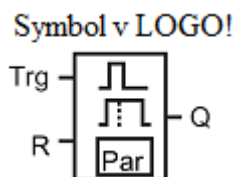
Je-li přiveden signál na vstup Trg dojde ke spuštění času T_a (T_a je aktuální čas v LOGO!). Pokud je vstup aktivní nejméně po dobu nastaveného času T , dojde po uplynutí času T k aktivaci výstupu Q . V případě, že dojde k deaktivaci vstupu před uběhnutím nastaveného času T , bude čas resetován [23].



Obr. 5.7.1.2: Časový diagram zpoždění od náběžné hrany signálu [23]

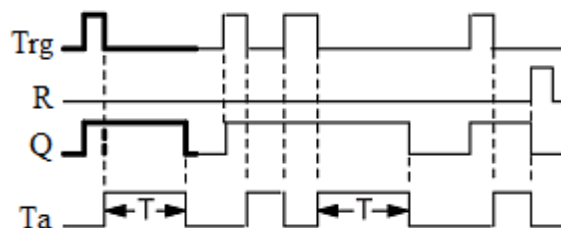
5.7.2 Off-delay - Zpoždění od sestupné hrany signálu

Negativní hrana spustí zpožděné vypnutí. Po uplynutí času T dojde k vypnutí výstupu.



Obr. 5.7.2.1: Zpoždění od sestupné hrany signálu [23]

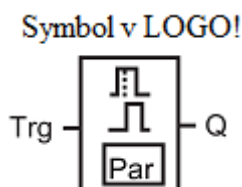
V případě přivedení signálu na vstup Trg je automaticky aktivován výstup Q. Při vypnutí vstupního signálu Trg je spuštěn aktuální čas T_a . Po uplynutí nastaveného času T ($T_a = T$) dojde k vypnutí výstupu Q se zpožděním. V případě opětovného spuštění vstupu Trg je spuštěn čas T_a . Vstup R (Reset) slouží k nastavení resetování času T_a a výstupu před uplynutím času T [23].



Obr. 5.7.2.2: Časový diagram zpoždění od sestupné hrany signálu [23]

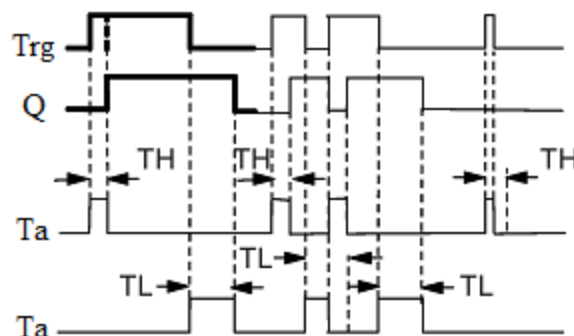
5.7.3 On-/off-delay - Zpoždění od náběžné i sestupné hrany signálu

Po zapnutí vstupu dojde po uplynutí nastavené doby T_H k aktivaci výstupu. Po vypnutí vstupu dojde po uplynutí jiné nastavené doby T_L k resetování výstupu.



Obr. 5.7.3.1: Zpoždění od náběžné i sestupné hrany signálu [23]

Po přivedení signálu na vstup Trg dojde ke spuštění času T_H . Je-li signál na vstupu spuštěn alespoň po dobu T_H , dojde k sepnutí výstupu Q. V případě je-li signál na vstupu spuštěn kratší dobu, než je nastavená doba T_H , je čas resetován. Po vypnutí vstupního signálu Trg je spuštěn čas T_L . Je-li signál na vstupu deaktivován alespoň po dobu T_L , dojde po

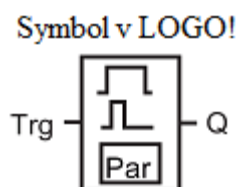


Obr. 5.7.3.2: Časový diagram zpoždění od náběžné i sestupné hrany signálu [23]

uplynutí času T_L k resetování výstupního signálu Q. Pokud dojde k aktivaci vstupního signálu Trg před uplynutím času T_L , dojde k jeho resetování [23].

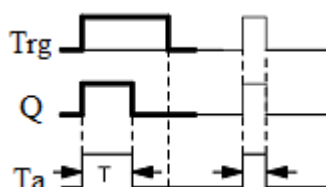
5.7.4 Wiping relay (pulse output) - Impulsní časovač (pulsní výstup)

Vstupní signál vytváří výstupní pulz nastavitelné délky.



Obr. 5.7.4.1: Impulsní časovač [23]

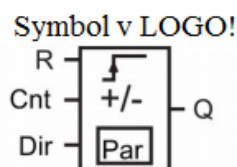
Po přivedení vstupního signálu na vstup Trg dojde k zapnutí výstupu Q a zároveň je spuštěn čas T_a . Když T_a dosáhne hodnoty T, je výstup deaktivován. V případě resetování vstupu Trg před uplynutím nastaveného času T dojde k resetování výstupu Q [23].



Obr. 5.7.4.2: Časový diagram impulsního časovače [23]

5.7.5 Up/down counter – Inkrementální/Dekrementální čítač

Při každém pulzu je na vstupu zvětšená nebo zmenšená vnitřní hodnota podle nastavení parametru. Při dosažení nastavené prahové hodnoty je vstup zapnut nebo resetován. Směr čítání může být změněn signálem na vstupu Dir [23].



Obr. 5.7.5.1: Inkrementální/Dekrementální čítač [23]

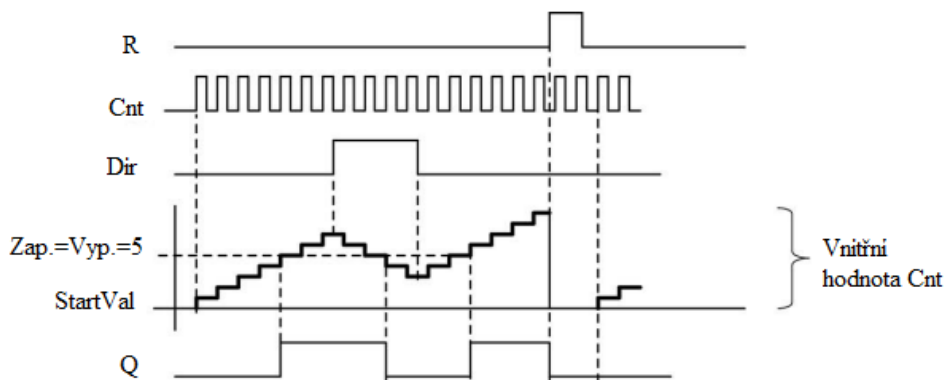
Při každé náběžné hraně na vstupu Cnt je interní čítač zvýšen o jedničku ($Dir=0$) nebo snížen o jedničku ($Dir=1$). Vstup R může být využit pro resetování vnitřní hodnoty. V případě, je-li vstup R aktivní, je výstup Q deaktivovaný a pulzy na Cnt nejsou čítány. Výstup Q je zapnut nebo resetován v závislosti na současné hodnotě na Cnt a nadefinovaných prahových hodnotách [23].

Jestliže je prahová hodnota pro zapnutí větší než prahová hodnota pro vypnutí pak:

$Q=1$, jestliže $Cnt > Zapnutí$

$Q=0$, jestliže $Cnt < Vypnutí$.

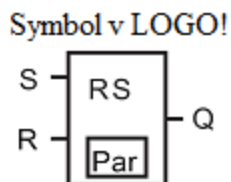
Pokud je prahová hodnota zapnutí $<$ prahová hodnota vypnutí, pak $Q=1$, jestliže $zapnutí < Cnt < Vypnutí$



Obr. 5.7.5.2: Časový diagram inkrementálního/dekrementálního čítače [23]

5.7.6 Latching relay - Samodržné relé

Aktivní vstup S zapne výstup Q, vstup R vypne výstup Q.

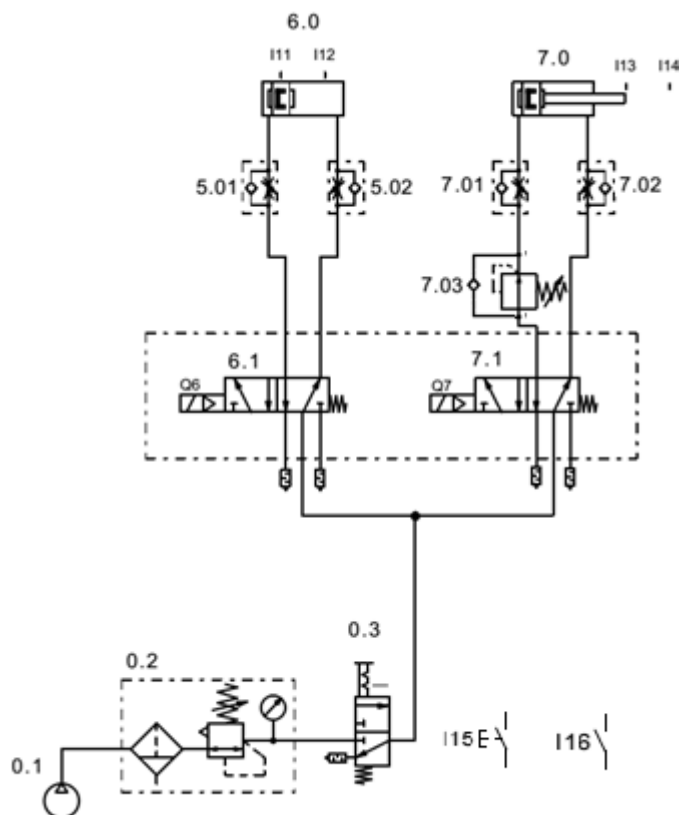


Obr. 5.7.6.1: Samodržné relé [23]

Samodržné relé představuje jednoduchý binární prvek. Hodnota výstupu závisí na vstupním signálu a předchozím stavu výstupu.

5.8 Program pro řízení razítkování

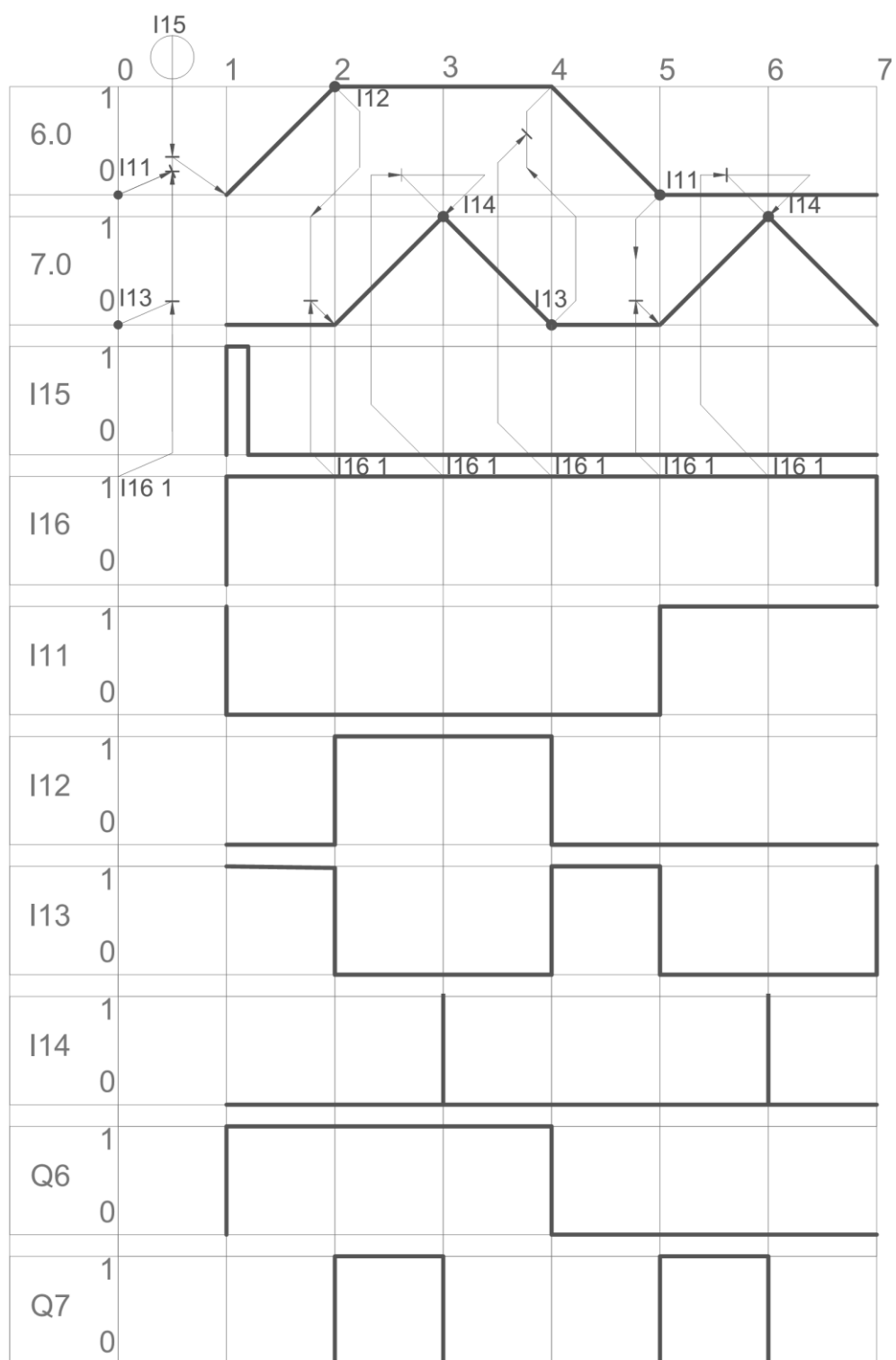
V této kapitole bude popsán řídicí program pro programovatelný automat, úlohy razítkování, vytvořený v programovém prostředí Logo!Soft Comfort.



Obr. 5.8.1: Pneumatické schéma razítkování

Nejprve bylo nutné sestavit pneumatické schéma daného obvodu (Obr. 5.8.1). Jak už bylo zmíněno, spuštění cyklu razítkování je mimo jiné podmíněno vložení letáku. Tato podmínka je splněna sepnutím koncového spínače. Po stisknutí příslušného spouštěcího tlačítka, dojde ke startu cyklu razítkování. Průběh pohybů, vzájemných souvislostí a podmíněností cyklu razítkování je znázorněno pomocí krokového diagramu s komplexním diagramem pohybů a ovládání (Obr. 5.8.2).

Pracovní cyklus je rozdělen na kroky. Každá změna stavu, jako například přestavení rozváděče nebo posuv pneumomotoru do koncové polohy, zahajuje nový krok a ukončuje krok přechází. Kroky jsou číslovány, přičemž začínají krokem 1 a končí posledním krokem programu. Průběhy stavů jednotlivých prvků jsou znázorněny funkčními čarami. Tenké spojnice mezi body lomu funkčních lomených čar opatřené šipkou jsou signální čáry označující funkční vazby mezi jednotlivými prvky [26].



Obr. 5.8.2: Krokový diagram s komplexním diagramem pohybů a ovládání pro cyklus razítkování

V krokovém diagramu (Obr. 5.8.2) je vidět, že v případě pneumomotoru 7.0 dochází ke křížení signálů ve 3. a 6. kroku. Na následujících příkladech budou ukázány způsoby, jakými lze toto křížení v případě softwaru Logo!Soft Comfort vyřešit.

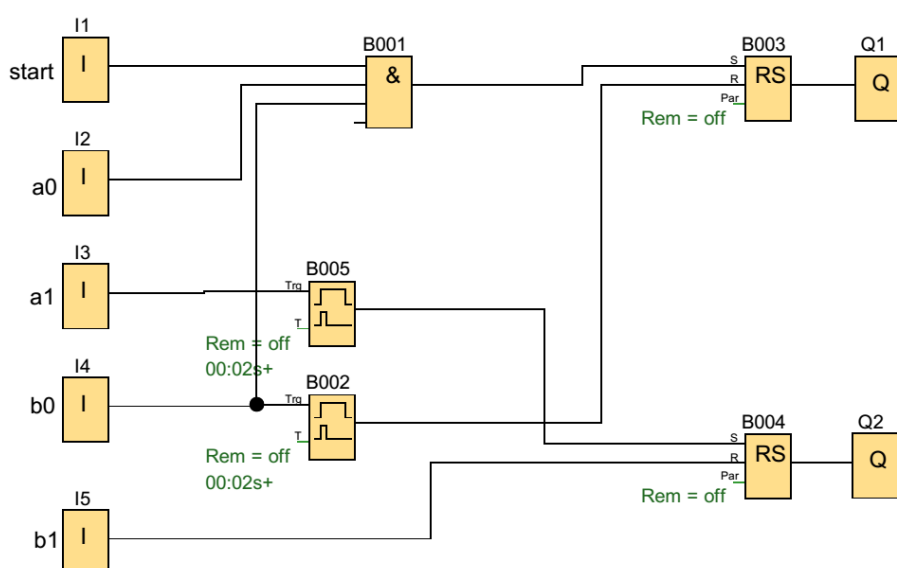
Příklad řešení křížení signálů

Pro příklad řešení křížení signálů byla vybrána úloha, kdy jsou dva pneumomotory spouštěny tlačítkem. Prakticky se jedná o první čtyři kroky cyklu razítkování.

Zkrácená symbolika pohybů pneumomotorů

Krok: 1. 2. 3. 4x.
 A+ B+ B- A-

První možností řešení této problematiky je využití zkrácení signálů pomocí impulsních časovačů (Obr. 5.8.3).



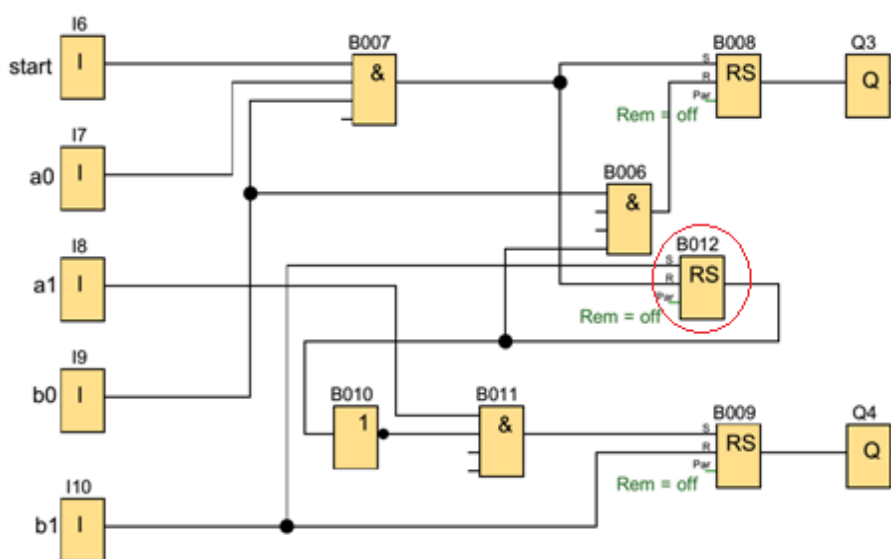
Obr. 5.8.3: Řešení křížení signálů pomocí impulsních časovačů pro úlohu A+ B+ B- A-

V případě, že jsou oba pneumomotory v základní poloze a dojde ke spuštění tlačítka Start, putuje signál I1 z tohoto tlačítka do logického prvku AND B001, do kterého je také přiveden signál I2 ze snímače základní polohy pneumomotoru A. Jelikož jsou oba vstupy do logického prvku AND B001 aktivní, aktivuje se výstup, který je spojen se vstupem samodržného relé B003, a ten uvede v činnost výstup Q1. Dochází k sepnutí cívky elektromagnetu rozváděče a jeho následnému přestavení, díky němuž se pneumomotor A začne vysouvat. Po vysunutí pneumomotoru A do koncové polohy dojde k sepnutí snímače I3, jehož signál je přiveden na vstup impulsního časovače B005. Tento impulsní časovač pošle zkrácený signál o délce $t=0,02$ s na samodržné relé B004 pneumomotoru B a po uplynutí této doby se výstup impulsního časovače deaktivuje. Výstup samodržného relé B004 pneumomotoru B je aktivní a tím je aktivován výstup Q2. Vysouvá se pneumomotor B. Po vysunutí pneumomotoru B do koncové polohy se uvede v činnost snímač koncové polohy a tím dochází k aktivaci vstupu I5. Signál tohoto vstupu je přiveden na reset

Diplomová práce

samodržného relé B004, a jelikož není vstup aktivní, díky použití impulsního časovače B005 v předchozím kroku, dojde k resetování jeho výstupu. Díky pružině vymezující základní polohu rozváděče se rozváděč přestaví do základní polohy a pneumomotor B se zasouvá. V základní poloze pneumomotoru B dojde pomocí snímače polohy k aktivaci vstupu I4 a prostřednictvím impulsního časovače B002 je resetováno samodržné relé B003 pneumomotoru A, který se poté začne zasouvat. Po návratu pneumomotoru A do základní polohy může být celý cyklus opakován.

Další možností řešení křížení signálů je pomocí samodržného relé (Obr. 5.8.4), které představuje paměť uchovávající informaci o vysunutí pneumomotoru A. Tato varianta řešení je složitější a v podstatě lze říci, že se řídicí program rozdělí do dvou fází.



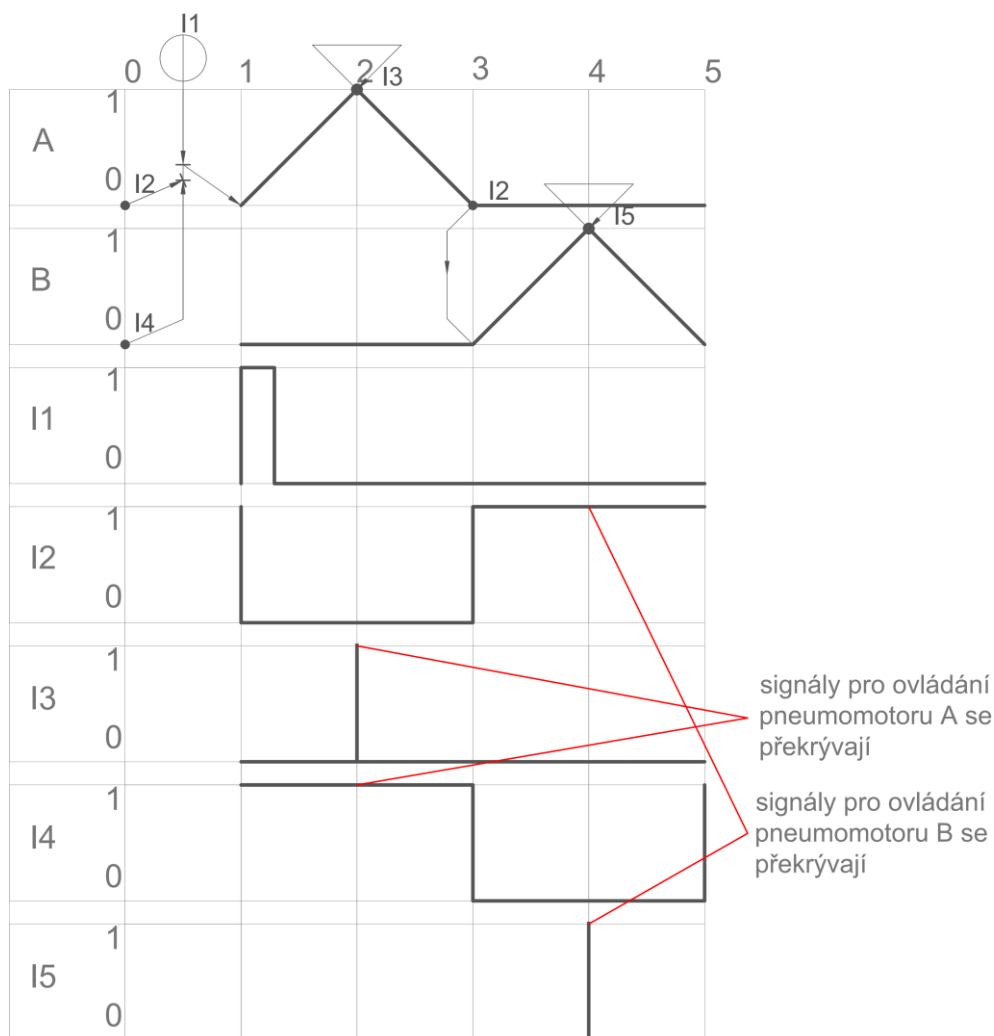
Obr. 5.8.4: Řešení křížení signálů pomocí samodržného relé pro úlohu $A + B + B - A -$

Stejně jako v předchozím případě i tady dojde ke spuštění cyklu tehdy, jsou-li pneumomotory v základní poloze a je stisknuto tlačítko start. Signály vstupů I6 (start) a I7 (snímač základní polohy pneumomotoru A) jsou přivedeny na vstupy logického prvku AND B007, který aktivuje svůj výstup a tím sepne samodržné relé B008 a dojde k aktivaci výstupu Q3. Pneumomotor A se začne vysouvat a snímač v koncové poloze tohoto pohybu sepne vstup I8. Tento vstup spolu s negací B010 neaktivního samodržného relé B012 aktivuje výstup prvku AND B011, do kterého jsou oba signály přivedeny. Výstupní signál z prvku AND B011, skrze samodržné relé B009, sepne výstup Q4. Pneumomotor B se vysouvá a na konci zdvihu je aktivován vstup I10 díky snímači koncové polohy. Signál vstupu I10 je rozvětven a je přiváděn na vstup samodržného relé B012 a na reset samodržného relé B009 určeného pro výstup Q4. Samodržné relé B012 aktivuje svůj výstup, jehož signál je dále negován B010 a tím deaktivuje výstup logického prvku AND B011, který v předchozím kroku zapříčinil vysouvání pneumomotoru B díky samodržnému relé B009. Signál I10

Diplomová práce

resetující samodržené relé B009 vypne výstup Q4 a pneumomotor B se zasouvá. V základní poloze pneumomotoru B je aktivní vstup I9, který spolu se signálem aktivního samodržného relé B012 aktivuje výstup logického prvku AND B006, do kterého jsou oba signály přivedeny. Tento signál je přiveden na reset samodržného relé B008 pneumomotoru A, který se poté začne zasouvat. Po dojetí pneumomotoru A do základní polohy může být celý cyklus opakován. K deaktivaci aktivního samodržného relé B012 dojde v prvním kroku na začátku cyklu, kdy je na jeho reset přiveden signál aktivních vstupů I6 a I7 v logickém součinu B007.

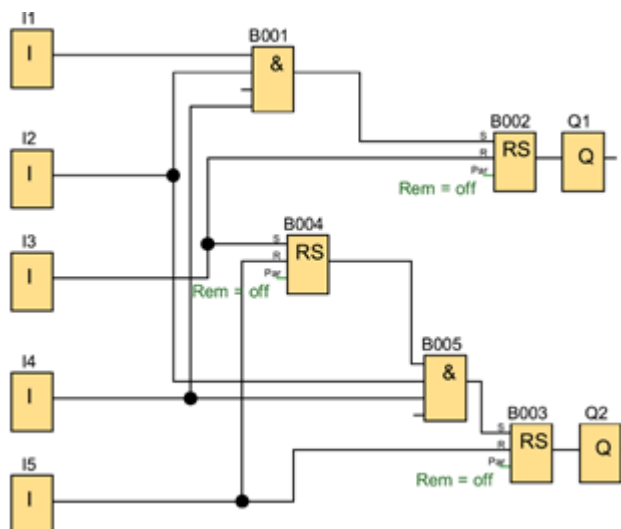
Dalším příkladem řešení křížení signálu bude uveden v úloze, kdy je po spuštění startovacího tlačítka vysouván pneumomotor A, který se po vysunutí vrací do základní polohy. Po návratu pneumomotoru A se začne vysouvat pneumomotor B, který se také po vysunutí vrací (A+ A- B+ B-). Jednotlivé kroky a podmíněnosti jsou znázorněny na krokovém diagramu s komplexním diagramem pohybu a ovládání (Obr. 4.8.3)



Obr. 5.8.5: Krokový diagram s komplexním diagramem pohybů a ovládání pro příklad křížení signálů

V tomto příkladu je křížení signálů opět řešeno pomocí samodržného relé (Obr. 5.8.6). K aktivaci samodržného relé dochází v druhém kroku, kdy se vysune pneumomotor A do

koncové polohy. V tomto kroku představuje samodržné relé paměť, která uchovává informaci o tom, že už došlo k vysunutí pneumomotoru A do koncové polohy. Na řídicím programu je vidět, že aktivní samodržné relé ve třetím kroku podmiňuje vysunutí pneumomotoru B.

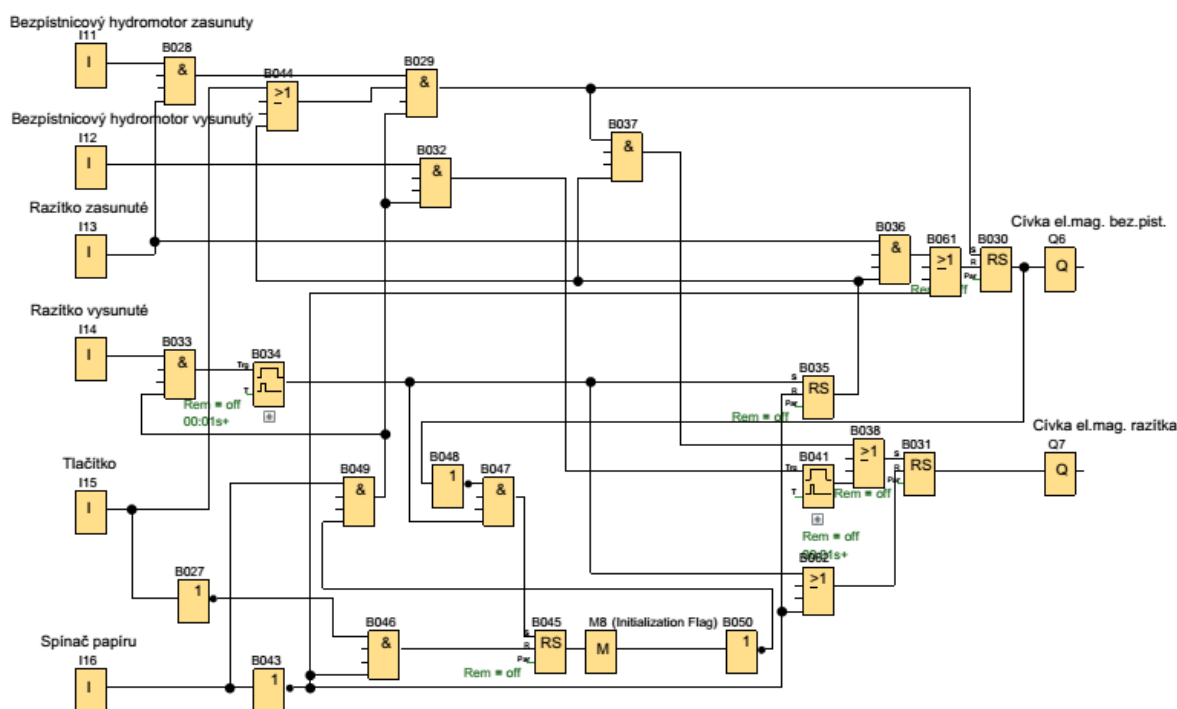


Obr. 5.8.6: Řešení křížení signálu pomocí příznakového bloku pro úlohu $A+A- B+ B-$

V této úloze nemůže být křížení signálů řešeno pomocí impulsních časovačů. Programovatelný automat potřebuje informaci, o tom že už proběhlo vysunutí pneumomotoru A, aby mohl být pneumomotor B ve třetím kroku vysunut. Proto je nutné použít prvek, který bude představovat paměť.

5.8.1 Řídící program pro razítkování v LOGO!Soft Comfort

V této kapitole diplomové práce bude popsán řídicí program pro úlohu razítkování vytvořený v softwaru LOGO!Soft Comfort (Obr 5.8.1.1). Jelikož dochází ke křížení signálů pneumomotoru 7.0 (Obr. 5.8.2), na jehož konci je umístěno razítko, byla tato úloha řešena pomocí zkrácení signálu. Kompletní program řízení vzorového manipulačního zařízení je umístěn v příloze na přiloženém DVD-ROM.



Obr. 5.8.1.1: Řídící program razítkování

Pro spuštění cyklu razítkování musí být oba pneumomotory v základní poloze (I11 a I12), musí být umístěn informační leták v příslušném místě I16 a tlačítko I15 stisknuté. To je hlavní počáteční podmínka.

Druhou podmínku představuje nutnost letáku zasunutého po celou dobu cyklu. V případě, že by v kterémkoliv kroku cyklu došlo k deaktivaci vstupu I16, a to vysunutím letáku, budou výstupy Q6 a Q7 deaktivovány resetováním příslušného samodržného relé (B030 a B031) negovaným BO43 neaktivním signálem vstupu I16.

Třetí a poslední podmínkou tohoto programu je nutnost po skončení cyklu razítkování vysunout ořazený leták I16. Bez jeho vysunutí není možno opětovně spustit cyklus. V posledním kroku cyklu, kdy je pneumomotor 6.0 v základní poloze a pneumomotor 7.0 vysunutý, dochází díky prvku AND B047 k součinu negovaného signálu BO48 neaktivního výstupu Q6 a aktivního výstupu Q7. Na výstup logického prvku AND B047 je přiveden vstup samodržného relé B045, na jehož výstupu je umístěný příznakový blok M8. Na

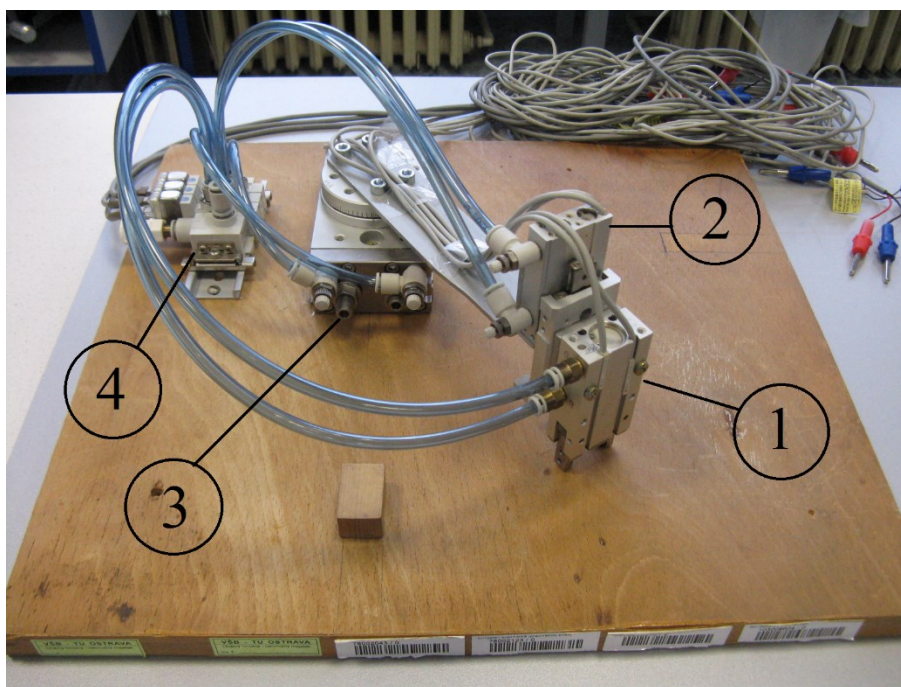
výstupu z příznakového bloku je signál negován BO50 a přiváděn do logického prvku AND BO49, jehož výstup je v tomto případě neaktivní, tudíž po stisknutí tlačítka nedojde k opětovnému spuštění cyklu. Deaktivací vstupů I15 a I16, jejichž signály jsou dále negovány (BO27 a BO43), dochází díky logickému součinu BO46 k resetování příslušného samodržného relé BO45, který deaktivuje signál jdoucí do příznakového bloku M8. Vložením nového letáku a stisknutím tlačítka se celý cyklus razítkování opakuje.

6 Návrh renovací stávajících zařízení

V této části diplomové práce budou navrženy úpravy stávajících zařízení. Jedná se o zařízení pro manipulaci s kostkou a zařízení pro manipulaci s plochou součástí.

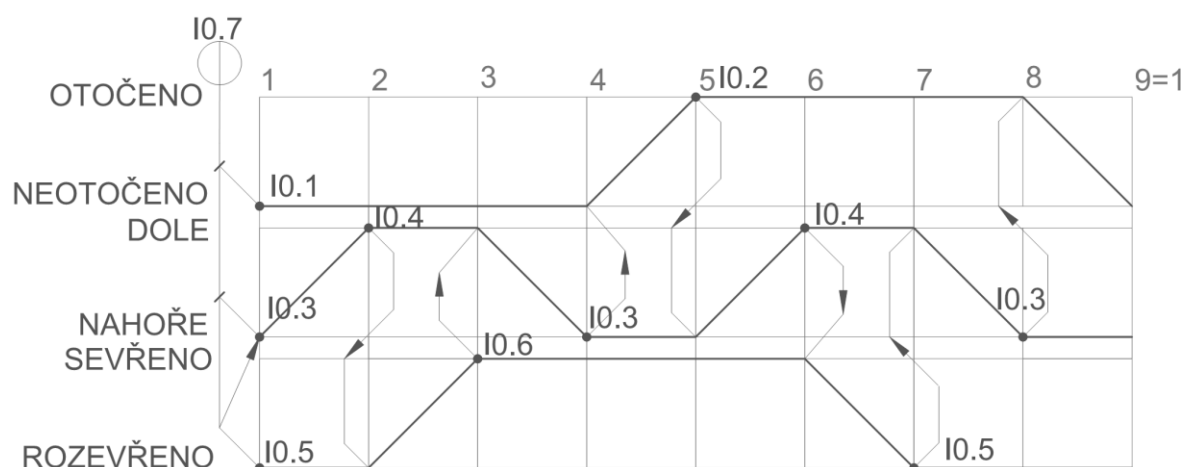
6.1 Zařízení pro manipulaci s kostkou

Jedná se o manipulační zařízení (Obr. 6.1.1) sloužící k prezentaci řízení pneumatických prvků pomocí programovatelného automatu. Manipulovaná kostka je přenášena úchopnou hlavici (1) uchycenou ke kompaktnímu pneumomotoru (2). Tato sestava je pomocí ramene připevněna ke kyvnému pohonu (3), který vykonává otáčivý pohyb. Po stisknutí tlačítka úchopná hlavice uchopí kostku, která je následně přemístěna prostřednictvím kyvného pohonu o 90°. Na konci dráhy pohonu je tato součást opět položena na základovou desku. Poté jsou všechny pohony vráceny do výchozí polohy. Jednotlivé pohony jsou ovládány ventilovým terminálem kazetového typu (4) složeným ze tří monostabilních 5/2 nepřímě řízených rozváděčů. Cívky elektromagnetů jednotlivých rozváděčů jsou ovládány programovatelným automatem Festo E.FEC20-AC využívajícím signály elektronických bezdotykových PNP snímačů jako vstupy.



Obr. 6.1.1: Zařízení pro manipulaci s kostkou

Sled jednotlivých pohybů manipulátoru s kostkou je zobrazen v krokovém diagramu (Obr. 6.1.2). Označení I0.1, I0.2 až I0.7 přísluší jednotlivým vstupům programovatelného automatu Festo E.FEC20-AC.

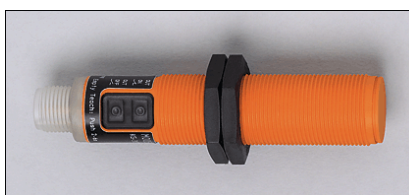


Obr. 6.1.2: Krokový diagram manipulátoru s kostkou

6.1.1 Návrh renovace manipulátoru s kostkou

Jednotlivé prvky by bylo vhodné připevnit na novou, větší desku tak, aby bylo možné připevnit programovatelný automat, který by byl součástí tohoto zařízení a nemusel by být připojován jako externí zařízení. Jelikož bude manipulátor určen převážně pro výuku předmětu Řízení pneumatických mechanismů pomocí programovatelných automat LOGO! Siemens, nabízí se výměna stávajícího programovatelného automatu Festo E.FEC20-AC za již zmiňovaný programovatelný automat LOGO! Siemens. Z bezpečnostních a estetických důvodů by měly být vodiče jednotlivých snímačů k programovatelnému automatu přivedeny prostřednictvím instalačních lišt.

Jelikož dosavadní manipulátor umožňuje spuštění cyklu i za předpokladu, že ve výchozí poloze není umístěna kostka, navrhuji umístit do počáteční a koncové polohy kostičky kapacitní snímače umožňující bezkontaktně detekovat libovolný materiál, díky kterému by bylo spuštění cyklu podmíněno umístěnou kostkou ve výchozí nebo koncové poloze. Navrhuji použití kapacitního snímače od firmy IFM modelové řady KG5071 (Obr. 6.1.1.1). Jedná se o kapacitní snímač v PNP provedení, jehož spínací vzdálenost činí 8 mm a provozní napětí se pohybuje v rozmezí 10 až 36 V DC [27].



Obr. 6.1.1.1: Kapacitní snímač IFM KG5071 [27]

Diplomová práce

Další možností detekce kostičky v počáteční nebo koncové poloze umožňuje použití optických senzorů. Mezi optické senzory použitelné pro tuto aplikaci patří jednocestná světelná závora a reflexní světelná závora.

V případě jednocestné světelné závory je systém složen ze dvou oddělených komponentů, a to vysílače a přijímače. Vysílač vysílá světelný paprsek o určité vlnové délce, který je přijímán přijímačem. V případě přerušení světelného paprsku, způsobeného daným objektem nacházejícím se v detekční oblasti, dojde k jeho převedení na výstupní signál [28].



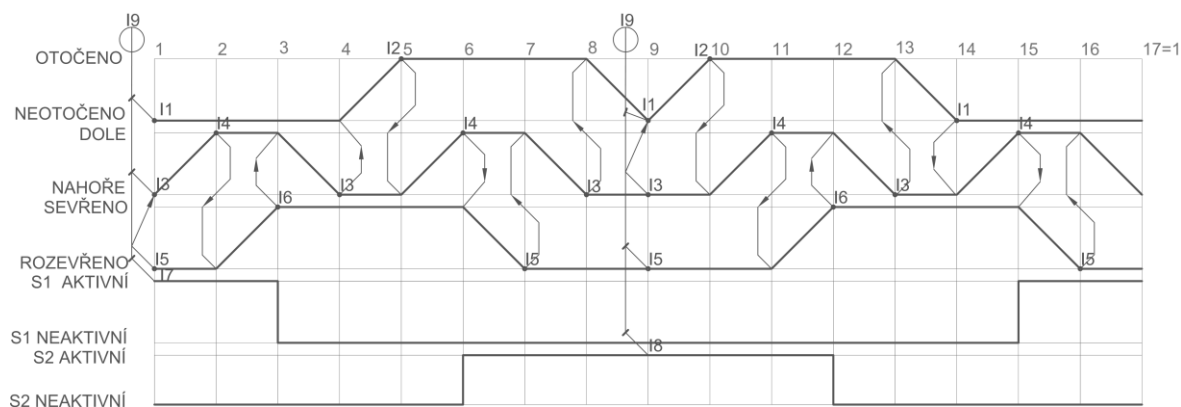
Obr. 6.1.1.2: Princip činnosti jednocestné světelné závory [28]

Reflexní světelná závora využívá vysílač a přijímač obsažený v jednom pouzdře. Světelný paprsek je z vysílače vyslán a pomocí zrcadla je odrážen zpět do přijímače. Objekt nacházející se v detekční oblasti přeruší světelný paprsek a tím dojde k sepnutí výstupu této závory [28].



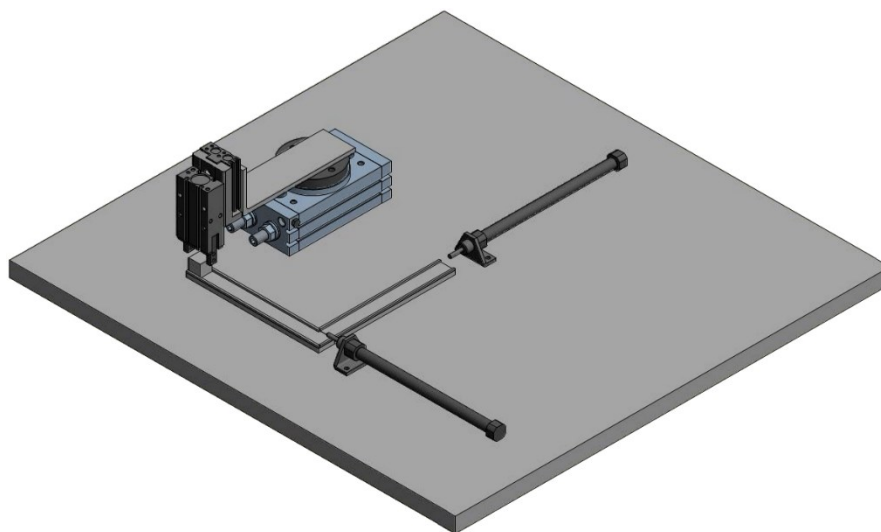
Obr. 6.1.1.3: Princip činnosti reflexní světelné závory [28]

Úkolem renovace stávajícího zařízení je také sestavení řídicího programu pro manipulátor s kostkou. Program byl sestaven pro logický automat LOGO! Siemens v softwaru LOGO!Soft Comfort. Ke spuštění cyklu manipulace s kostkou v novém programu musí být kostka v základní poloze tak, aby byl aktivní kapacitní snímač, a musí dojít ke stisknutí startovacího tlačítka. Manipulátor uchopí a přepraví kostku do koncové polohy stejně jako v předchozím řízení pomocí programovatelného automat Festo E.FEC20-AC. Po návratu ramene do základní polohy a opětovném stisknutí startovacího tlačítka se rameno otočí, uchopí kostku a dopraví ji do základní polohy. Sled jednotlivých pohybů je znázorněn v novém krokovém diagramu (Obr. 6.1.1.4). V případě, že se kostka nenachází ve výchozí ani koncové poloze (ani jeden kapacitní snímač není aktivní), nedojde po stisknutí startovacího tlačítka ke spuštění cyklu. Ke spuštění cyklu nedojde ani v případě, že se v jedné z poloh nachází kostka a v druhé poloze cizí těleso (oba kapacitní snímače jsou aktivní). Tím je zabráněno možnému poškození kostky nebo jednotlivých částí manipulátoru.



Obr. 6.1.1.4: Renovovaný krokový diagram manipulátoru s kostkou

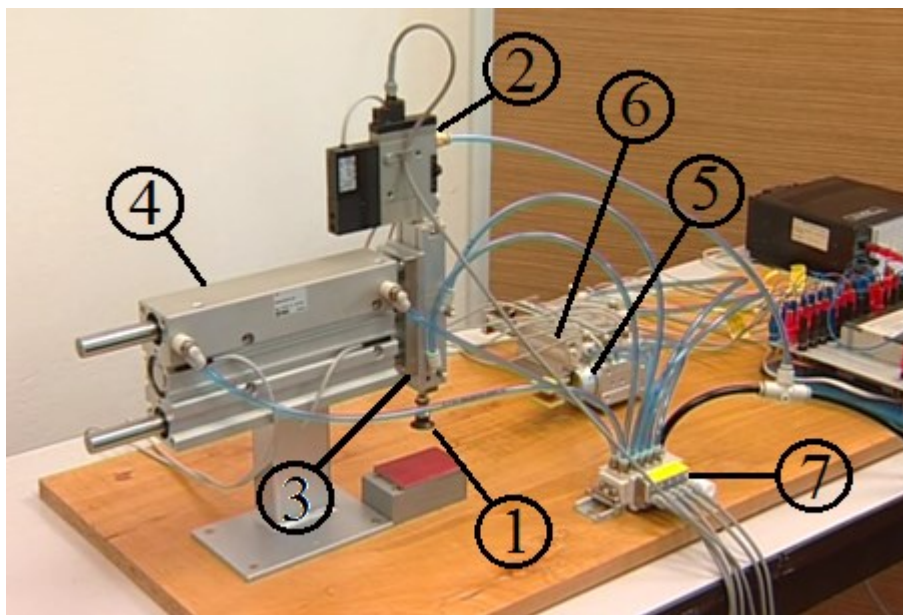
Další možnost renovace prezentuje využití dvou pneumomotorů pro návrat kostky do počáteční polohy (Obr. 6.1.1.5). Chapadlo, které je připojeno na kompaktní pneumomotor, uchopí kostku, která je pomocí kyvného pohonu přemístěna o 90° . V tomto místě je umístěný pneumomotor, který vysunutím pístnice přesune kostku ke druhému pneumomotoru. Po vysunutí druhého pneumomotoru je kostka dopravena do počáteční polohy. V tomto případě by bylo opět vhodné umístit do výchozí polohy snímač detekující umístění kostky v příslušném místě v době spouštění cyklu.



Obr. 6.1.1.5: Možnost renovace s využitím dvou pneumomotorů

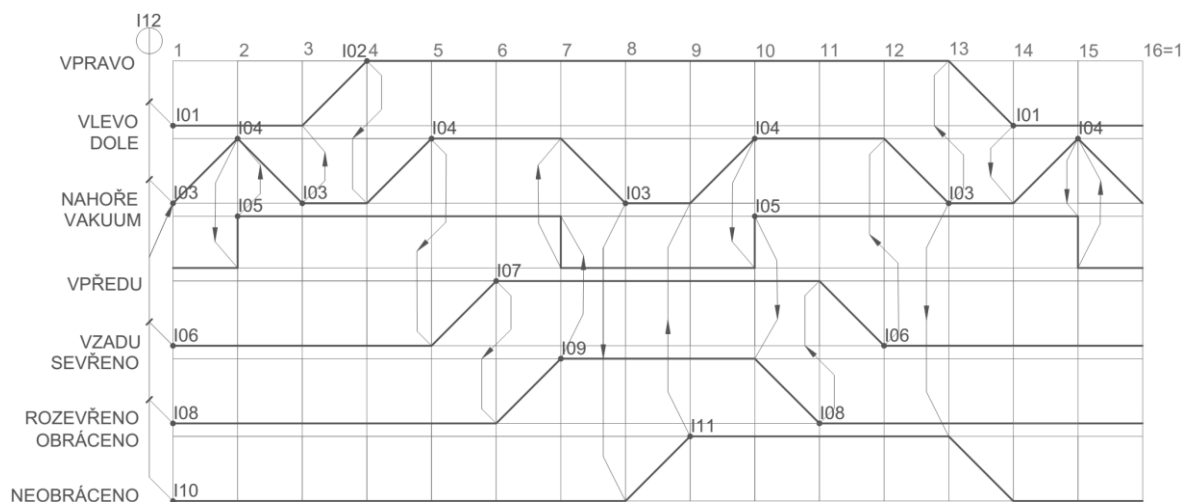
6.2 Zařízení pro manipulaci s plochou součástí

Manipulátor (Obr. 6.2.1) slouží k otáčení ploché součásti o 180°. Demonstruje použití různých druhů pneumatických pohonů a prvků pro manipulační účely. Manipulovanou součást přenáší přísavka (1) uchycená na pístnici kompaktního válce (3) určeného pro vakuové aplikace. Podtlak je k přísavce přiváděn přímo dutou pístnicí od dvoustupňového ejektoru (2). Pneumomotor s přísavkou je uchycen k desce kompaktního válce (4) se dvěma vodicími tyčemi, které zachycují příčně působící zatížení. Po stisknutí tlačítka je plochá součást přemístěna do místa otočení. Otočná úchopná hlavice (5) je uchycena na desku dalšího kompaktního pneumomotoru (6) se dvěma vodicími tyčemi. Pneumomotor vysune otočnou úchopnou hlavici do místa, kde se nachází plochá součást. Po sevření součásti chapadly je pomocí otočného pohonu tato součást otočena o 180°. Poté je součást opět uchopena přísavkou a následně dopravena do výchozí polohy. Jednotlivé pohyby pneumatických pohonů jsou ovládány ventilovým terminálem (7), který se skládá z pěti monostabilních 5/2 nepřímo ovládaných rozváděčů, které jsou řízeny programovatelným automatem Festo E.FEC20-AC. Jednotlivé vstupy pro programovatelný automat představují signály z obvodu o poloze jednotlivých pneumatických pohonů, které jsou snímány elektronickými bezdotykovými PNP snímači polohy.



Obr. 6.2.1: Zařízení pro manipulaci s plochou součástí

Sled jednotlivých pohybů manipulátoru s plochou součástí je znázorněn v krokovém diagramu (Obr. 6.2.2).



Obr. 6.2.2: Krokový diagram manipulátoru s plochou součástí

6.2.1 Návrh renovace manipulátoru s plochou součástí

Stejně jako v případě manipulátoru s kostkou, tak i tady by bylo vhodné zvolit větší desku, a to z důvodu připevnění programovatelného automatu, a taky umístit všechny vodiče jednotlivých snímačů do instalačních lišt. Dále by měla být provedena záměna stávajícího programovatelného automatu Festo E.FEC20-AC za programovatelný automat LOGO! Siemens a přizpůsobit řídicí program tomuto automatu.

V případě řídicího programu manipulátoru s plochou součástí, který byl v rámci zadání sestaven v softwaru LOGO!Soft Comfort, nebyl pozměněn chod jednotlivých pohonů. Program byl pouze přepracován pro možnost použití programovatelného automatu LOGO! Siemens. Řídicí programy pro navrhované renovované zařízení jsou umístěny v příloze na přiloženém DVD-ROM.

7 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vytvoření návrhu a renovace výukových zařízení řízených programovatelnými automaty LOGO! Siemens. Jedná se o konstrukční návrh a konečnou realizaci vzorového manipulačního zařízení a návrh renovací stávajících výukových zařízení, které slouží jak k výuce předmětu Řízení pneumatických mechanismů, tak prezentaci praktické výuky Katedry hydromechaniky a hydraulických zařízení.

Konstrukční návrh a konečná realizace vzorového manipulačního zařízení se skládaly z několika etap, které byly popsány v jednotlivých kapitolách. Pro úspěšné navržení a následnou realizaci manipulačního zařízení bylo v první řadě nutné si představit možné postupy a metody, které by vedly ke snadné realizaci tohoto zařízení. Po konzultaci s vedoucím diplomové práce bylo vybráno jedno z možných řešení a na základě něj bylo zpracováno pneumatické schéma a navrženo uspořádání jednotlivých prvků, včetně krokových diagramů. Dále bylo nutné zvolit jednotlivé pneumatické a elektronické prvky s ohledem na požadavky i funkčnost a vytvořit výrobní výkresy jednotlivých dílů manipulačního zařízení. Výrobní výkresy jsou po domluvě s vedoucím diplomové práce umístěny na příloženém DVD. Manipulační zařízení bylo následně sestaveno v laboratoři pneumatiky v místnosti NM 325. Následně byl vytvořen řídicí program, který byl nahrán do programovatelného automatu LOGO! Siemens. Po ověření funkčnosti jednotlivých prvků a řízení bylo manipulační zařízení představeno 29. 1. 2016 na dni otevřených dveří v univerzitní aule.

Práce se dále zabývala popisem programování řídicích programů pro PLC LOGO! Siemens. Jelikož bude tato práce sloužit jako studijní opora pro výuku Řízení pneumatických mechanismů, byl zde popsán software LOGO! Soft Comfort V8 sloužící k tvorbě jednotlivých řídicích programů. Jedná se o popis funkce softwaru, základních logických a speciálních funkcí. Dále zde byly uvedeny příklady řešení problémů křížení signálů dvou pneumomotorů, a to s podrobným popisem. Byla zde také popsána část řídicího programu manipulačního zařízení v závislosti na jednotlivých podmínkách spuštění a celkového chodu jednoho cyklu.

Poslední část této práce byla věnována návrhu renovace stávajících výukových zařízení. Byla zde popsána funkce manipulátoru s kostkou a manipulátoru s plochou součástí včetně krokových diagramů. Byly zde navrženy možné modernizace a renovace jednotlivých zařízení s použitím programovatelných automatů LOGO! Siemens. Pro jednotlivé návrhy renovací výukových zařízení byly sestaveny řídicí programy pro programovatelný automat.

8 Použitá literatura

- [1] C(D)85, Kruhový válec, ISO 6432, dvojčinný, jednostranná pístnice, standardní provedení. *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=36559&part_number=CD85E8-80-B&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=CD85E8-80-B
- [2] MSQ*10 až 200, Otočný stůl s pastorkem a 2 hřebeny, základní provedení / provedení s vyšší přesností. *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=36801&part_number=MSQB30A&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=MSQB30A
- [3] Kyvné pohony. *SMC* [online]. 2010 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: https://content2.smcetech.com/pdf/C85_CZ.pdf
- [4] KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training - Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
- [5] ZC(D)UK, Kompaktní válec s přívodem vakua. *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=135170&part_number=ZCDUKC20-50D&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=ZCDUKC20-50D
- [6] ZP (U,C,D,B), Přísavka se zajišťovacím kroužkem. *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=31347&part_number=ZP10BN&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=ZP10BN

- [7] ZPT2-***, Příslušenství pro přísavku ZP2-(09/14/16)J/(10/16)UCL. *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=72816&part_number=ZPT2-B6&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=ZPT2-B6
- [8] ZU, Ejektor In-line. *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=31385&part_number=ZU07L&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=ZU07L
- [9] Vakuum. *SMC* [online]. 2016 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: https://content2.smcetech.com/pdf/ZU_CZ.pdf
- [10] KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 80-7078-306-0.
- [11] DVOŘÁK, L. *Vakuové mechanismy*. (přednáška) Ostrava: VŠB-TUO.
- [12] MY1B, Bezpístnicový válec, mechanický přenos síly, bez vedení, základní provedení. *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=17955&part_number=MY1B16G-100&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=MY1B16G-100
- [13] MTS, Válec, přesné vedení pístnice (pr.12 až pr.40). *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=17279&part_number=MTS20-50&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=MTS20-50

- [14] AS-FS, Škrticí ventil se zpětným ventilem a nástrčnou spojkou, se signalizací nastavení, horizontální přívod. *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=128589&part_number=AS1201FS-M5-04&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=AS1201FS-M5-04
- [15] AW10-40-A, Filtr / regulátor tlaku. *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=89356&part_number=AW20-F01H-A&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=AW20-F01H-A
- [16] G36-L, Manometr, kruhový, s ukazatelem mezní hodnoty, stupnice s barevnými segmenty (pr.37.5). *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=39271&part_number=G36-10-01-L&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=G36-10-01-L
- [17] VHS20/30/40/50, Pressure Relief 3 Port Valve w/Locking Holes (Single Action). *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=128643&part_number=VHS20%20F01A&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=VHS20%20F01A
- [18] ZSE30A, Elektronický vakuový snímač, s 2-barevným displejem. *SMC Corporation* [online]. 2016 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=37074&part_number=ZSE30AF-C4L-E-L&filter_type=dc_search_filter&sub_filter_type=partnumber&filter_value=ZSE30AF-C4L-E-L
- [19] Series 579. *Aventics* [online]. 2015 [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: http://www.aventics.com/pneumatics-catalog/Pdf.cfm?Language=EN&file=en/pdf/PDF_g199973_en.pdf

- [20] Trainer Package LOGO! 8. *Festo* [online]. 2016 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.festo-didactic.com/de-de/lernsysteme/trainingspakete/automatisierungstechnik-sps/siemens-trainer-packages-und-komponenten-fuer-edutrainers/trainer-package-logo-8.htm?fbid=ZGUuZGUuNTQ0LjEzLjE4LjU1My44MTk3>
- [21] SIEMENS. *Farnell* [online]. 2016 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.farnell.com/datasheets/1898928.pdf>
- [22] 6EP1331-1SH03. *Siemens* [online]. 2016 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6EP1331-1SH03>
- [23] Manual LOGO!, Siemens s. r. o., 2018 [2016-03-19]. Dostupné z: http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mikrosystemy/logo/_manualy/manual_logo8_2014_en.pdf
- [24] Auto switch guide. *SMC* [online]. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: https://content2.smcetech.com/pdf/AutoSwitch-guide-A_EU.pdf
- [25] LOGO!Soft Comfort Online Help, Siemens s. r. o., 2018 [2016-03-19]. Dostupné z: http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mikrosystemy/logo/_manualy/opi_logo-soft-comfort_2014_en.pdf
- [26] SCHMID, Dietmar. *Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku*. Vyd. 1. Překlad Jiří Handlír. Praha: Europa - Sobotáles, 2005. ISBN 80-867-0610-9.
- [27] KG5071: kapacitní senzory. *Ifm* [online]. 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.ifm.com/products/cz/ds/KG5071.htm>
- [28] Optické senzory. *Ifm* [online]. 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: https://www.ifm.com/ifmcz/web/pmain/010_050_030.html

9 Seznam příloh

- A. Krokový diagram s komplexním diagramem pohybů a řízení manipulátoru
- B. Krokový diagram s komplexním diagramem pohybů a řízení razítkování
- C. Pneumatické schéma vzorového manipulačního zařízení
- D. Elektrické schéma vzorového manipulačního zařízení
- E. Obsah souborů na DVD-ROM